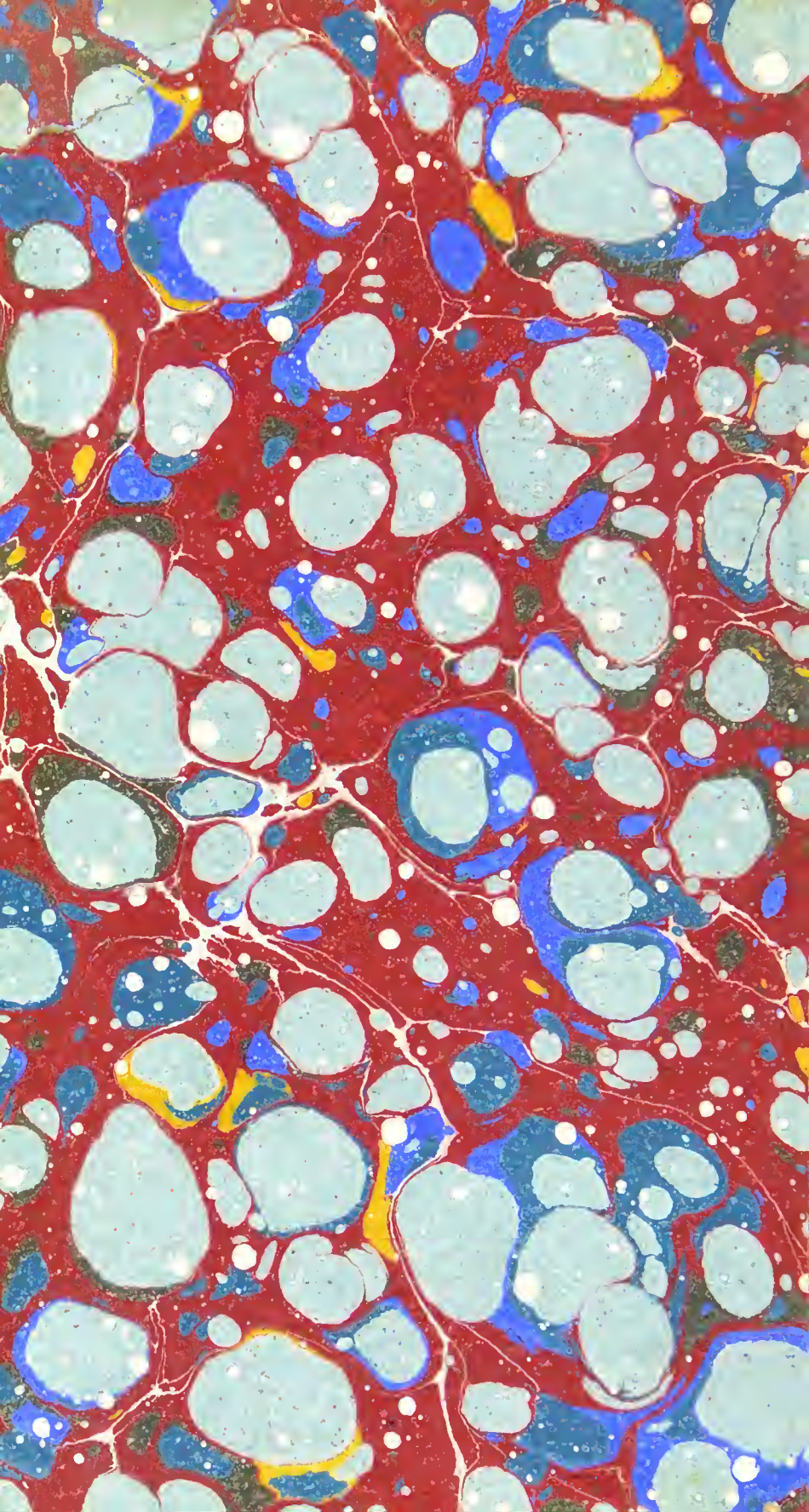
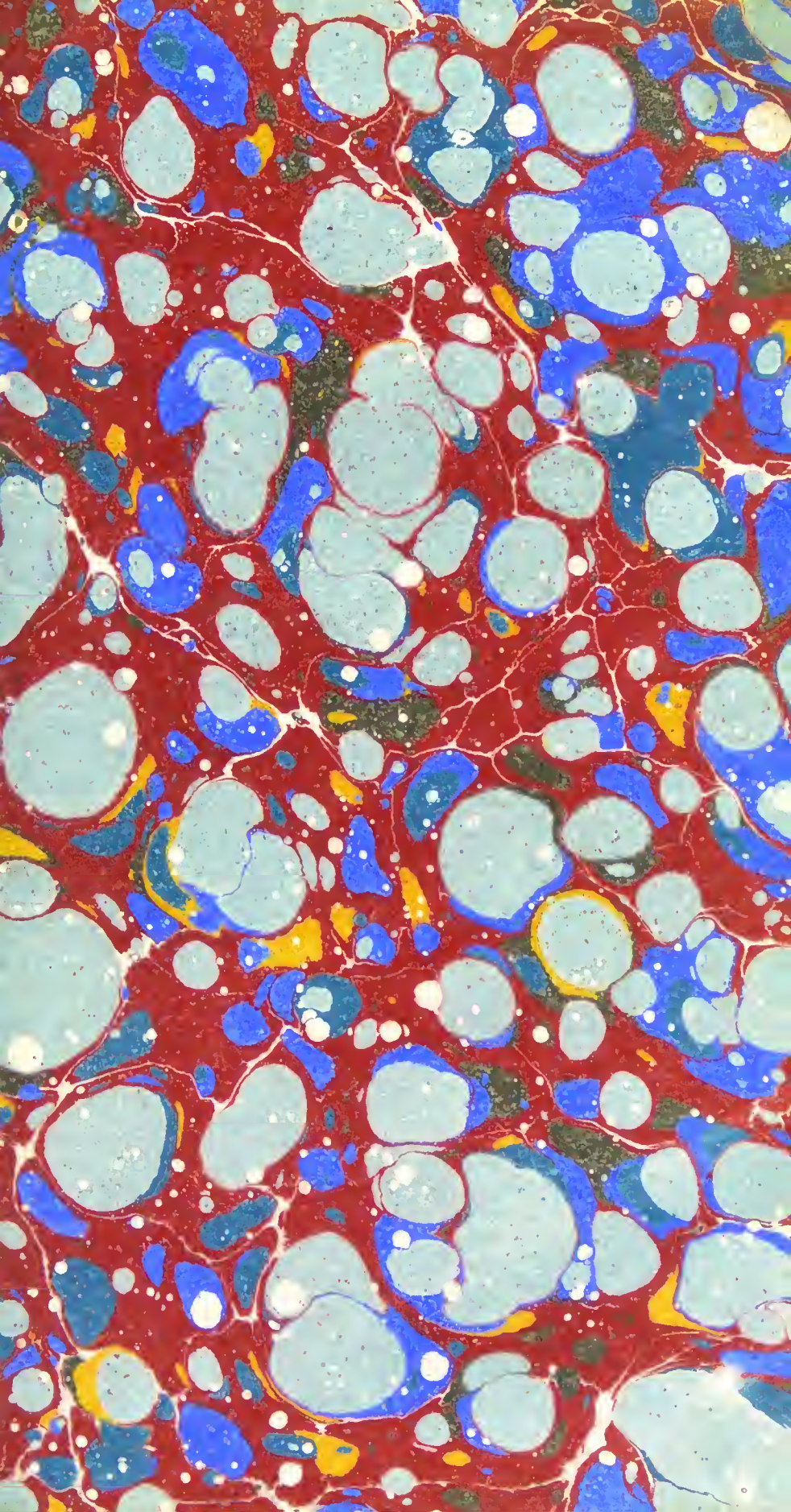




1224/A

Digitized by the Internet Archive
in 2015

https://archive.org/details/b22027725

16745

Theorie
der
Spiegelmikroscope
mit sphärischen Glasspiegeln,

welche sich außer ihrer bisher nur bei Telescopen erreichten Deutlichkeit noch ganz besonders dadurch auszeichnen, daß sie selbst von mittelmäßigen Künstlern mit gehöriger Genauigkeit ausführbar sind.

Herausgegeben
von
D. Fr. W. Barfuß.

Als Anhang zu seiner
Optik, Katoptrik und Dioptrik.

Mit zwei lithographirten Tafeln.

Weimar, 1840.
Druck, Lithographie und Verlag von Bernh. Friedr. Voigt.

WELLCOME
HISTORICAL
MEDICAL
LIBRARY

Sr. Hochwohlgeboren

dem

Herrn

D. Chr. Gottfr. Ehrenberg,

Professor an der K. Preuß. Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin, Ritter des rothen Adlerordens ꝛc.,

aus tiefster Verehrung gewidmet

vom

Verfasser.

Höchstverehrter Herr!

Wenn ich den Vorrath mikroscopischer Instrumente durch ein neues zu vermehren suche, wen sollte ich da lieber zum Richter aufrufen über den Werth oder Unwerth der Neuerung, als einen Mann, unter dessen Händen das Mikroscop erst den Werth erhalten konnte, den es für die Wissenschaft in der That hat? Denn noch Niemand hat mit so großem Erfolg durch dieses Werkzeug in die unsichtbare Welt des Kleinen, in die geheime Werkstätte der Natur hineingeblickt, als Sie! — Vorzüglich aber veranlaßten mich die hohe Bewunderung, die Sie durch Ihren Forscherblick, durch die großen Resultate Ihrer Untersuchungen der Welt abgerungen, die allgemeine Verehrung und der Dank, die Ihnen für Ihre erfolgreiche Mühe zu Theil werden und die auch mich

im vollsten Maas beseelen, Ihrem gefeierten Namen meine schwache Arbeit zu widmen und ich ergriff mit Freuden diese Gelegenheit, meine Verehrung gegen Sie öffentlich auszusprechen. Ich hoffe und bitte also nur, daß Sie diese Freiheit mir nicht übel auslegen und den Drang meines Gefühls nicht mißfällig aufnehmen wollen. In dieser Hoffnung verharre ich

Euer Hochwohlgeboren

ergebenster

Weimar im Februar
1840.

D. Barfuß.

Vorrede.

Es ist bekannt, daß spiegelnde Oberflächen weit kräftiger auf das Licht wirken, als alle bis jetzt bekannten diaphanen Körper, den Diamant etwa ausgenommen, d. h. eine einzige spiegelnde Oberfläche vermag die von einem entfernten Object kommenden Strahlen in einem näher gelegenen Focus zu vereinigen, als selbst zwei brechende Flächen im Stand sind. Einen Glasspiegel kann man nun leicht so einrichten, daß die Brechung der Spiegelung zur Hilfe kommt, so daß derselbe dasjenige Agens wäre, von welchem die bedeutendste lichtbrechende Kraft zu erwarten steht und also nur schwach gekrümmte Flächen nöthig sind, um starke Brechungen zu erhalten. Dieser Gedanke leitete mich bei meinen Untersuchungen über die Anwendbarkeit der Glasspiegel zu optischen Instrumenten und es war nur die Frage zu beantworten, wie die doppelten Bilder zu vermeiden wären, eine Schwierigkeit,

welche dem Gebrauch der Glasspiegel ungemein hinderlich wird.

Schon Caleb Smith hatte in dieser Beziehung für Telescope einen Gedanken angegeben, wodurch aber meines Erachtens das Problem nur ungenügend gelöst wird, indem die Nebenbilder nicht gänzlich aus dem Kreis des Gesichtsfelds verwiesen, sondern nur gleichsam auf einen undeutlichen Schimmer reducirt werden sollen; was nachdem von Arzberger und neuerdings von Airy geleistet worden, ist nicht zu meiner Kenntniß gekommen.

Bisher war aber immer nur vom Gebrauch der Glasspiegel bei Telescopen die Rede; von Versuchen, sie zu Mikroscopen zu verwenden, ist mir wenigstens nichts bekannt geworden und es wäre daher gegenwärtiger Versuch der erste seiner Art. Es scheint aber der Glasspiegel für Mikroscope sich weit besser zu eignen, als für Telescope und ich glaube sogar durch gegenwärtige Abhandlung zur Genüge erwiesen zu haben, daß das Glasspiegelmikroscop den Vorzug vor allen übrigen besitzt. Der Gedanke zu seiner Construktion ist sehr einfach: das Mikroscop wird ganz nach Amici gebaut, die Fehler des Glasspiegels aber, welcher aus einem auf der convexen Seite verspiegelten Meniskus besteht, werden durch eine Correctionslinse beseitigt, welche hinter dem Planspiegel ihren Platz hat. Bei einer solchen Einrichtung können alle Strah-

len, welche durch Reflexion an der unbelegten Fläche der Spiegellinse von der Hauptlichtmasse getrennt werden, gänzlich aus dem Gesichtsfeld entfernt oder wenigstens hier so sehr verringert werden, daß ihr Einfluß verschwindet. Zwar leidet diese Vorrichtung an eben dem Lichtmangel, den man allen catoptrischen Instrumenten vorwirft (den Mikroscopen vielleicht mit Unrecht, da man hier die Intensität des Lichts, womit man das Object beleuchten will, gar sehr in der Gewalt hat), allein dieser Mangel wird reichlich ersetzt durch die große Oeffnung, die unser Instrument gestattet, ohne daß die Deutlichkeit gestört wird und diese Deutlichkeit ist größer und weit leichter zu erhalten, als bei allen übrigen Mikroscopen.

Ich habe einen Planspiegel aus Metall vorausgesetzt; man könnte aber vielleicht statt dessen sich eines rechtwinklichen Prismas aus Glas bedienen und mittels desselben noch dadurch große Vortheile erreichen, daß man den Kathetenflächen sphärische Krümmungen gäbe. Weil aber die accurate Ausarbeitung und genaue Stellung desselben sehr viele Schwierigkeiten verursachen dürfte, so blieb ich einstweilen bei dem einfacheren stehen.

Die Theorie des so eben seinen Hauptbestandtheilen nach angedeuteten Instruments findet man hier so weit ausgearbeitet, als ich vorläufig für nöthig erachtete, gewiß aber so weit

daß man darnach ein Instrument von guter Wirkung zu Stand bringen wird. Erst dann wäre es räthlich, tiefere Untersuchungen einzuleiten, wenn die Sache durch die Beurtheilung competenter Richter Beifall finden sollte, was ich in Folge der von mir bereits angestellten Untersuchungen zu hoffen geneigt bin.

Jene Beurtheilungen würden mir aber dann höchst willkommen seyn, wenn sie Beiträge und Berichtigungen lieferten, theils die mathematische Theorie des Instruments, theils die Herstellung der Glasspiegel und das zum Planspiegel zu verwendende Metall betreffend.

Ich bemerke nur noch, daß ein Exemplar, das nach gegenwärtiger Theorie, jedoch nur oberflächlich ausgeführt und auch nur roh zusammengebaut war, dennoch sehr befriedigende Resultate lieferte.

Der Verfasser.

Inhalt.

Seite

§. 1.

Bemerkung über Glasspiegel. Bau des Mikroscops im Allgemeinen 1

§. 2.

Formeln über den Ort der Bilder bei Glasspiegeln ohne Berücksichtigung der Dicke der Linse . . 2

§. 3.

Allgemeine Formeln mit Berücksichtigung der Glasdicke 3

§. 4.

Eindrung der Formeln wegen der Farbenzerstreuung . 4

§. 5.

Besondre Formeln für Spiegel, wie sie bei Mikroscopen anwendbar sind 5

§. 6.

Formeln für ein bestimmtes Verhältniß der Krümmungshalbmesser des Glasspiegels . . . 6

Seit

§. 7.

Berechnung der Brennweite der Correctionslinse .

§. 8.

Fortsetzung. Größter Abstand der Correctionslinse vom Spiegel . . . . . .

§. 9.

Erläuterung an einem besondern Beispiel . . . 1

§. 10.

Genaue Berechnung der Farbenzerstreuung des Glasspiegels und der Brennweite der Correctionslinse 1

§. 11.

Bemerkung über einen noch übrigen Theil der Farbenzerstreuung. Nothwendige Beschränkung der Trennung der Linsen eines Doppelobjectivs . . 1

§. 12.

Berechnung der Kugelabweichung des Spiegels . . 1

§. 13.

Eulers Formeln für die Kugelabweichung einer Linse 2

§. 14.

Bestimmung der Krümmungshalbmesser des Correctionsglases für die Vernichtung der Kugelabweichung 2

§. 15.

Formeln zur Prüfung der aufgehobenen Abweichung und zum Nachbessern der Correctionslinse . . . 2

§. 16.

Berechnung der Größe des im Mikroscop erzeugten Bilds 2

§. 17.

Berechnung der Brennweite des äquivalenten einfachen Spiegels 3

Seite

§. 18.

Von den Dimensionen des Planspiegels und von der Menge des Lichts, welche derselbe zurückhält . 30

§. 19.

Von der Helligkeit des Mikroscops 34

§. 20.

Wie die Strahlen des von der Vorderfläche des Glasspiegels erzeugten Bilds aus dem Rohr verwiesen oder für die Deutlichkeit unschädlich gemacht werden 36

§. 21.

Von einem zweiten, ebenfalls unschädlichen Nebenbild 40

§. 22.

Zusammenstellung der Resultate der Berechnung eines Mikroscops 41

§. 23.

Berechnung eines andern Mikroscops für sehr starke Vergrößerungen 42

§. 24.

Berechnung eines Mikroscops für schwächere Vergrößerungen 50

§. 25.

Nachträglicher Beweis, daß die Strahlen der Nebenbilder schon wegen ihrer geringen Intensität unschädlich sind 55

§. 26.

Vergleichung des Glasspiegelmikroscops mit dem gewöhnlichen Spiegelmikroscop. Große Vorzüge des erstern in Hinsicht der Deutlichkeit . . . 58

§. 27.

Vergleichung des Glasspiegelmikroscops mit dem dioptrischen mit aplanatischem Objectiv in Hinsicht auf Deutlichkeit der Bilder 61

Seite

§. 28.

Bemerkung wegen der Undeutlichkeit, welche durch das Entgegenstehn des Planspiegels verursacht werden soll. Sie scheint eine Folge der Abweichung wegen der Gestalt zu seyn 66

§. 29.

Vergleichung des Glasspiegelmikroscops mit dem dioptrischen in Hinsicht der Lichtstärke . . . 67

§. 30.

Vergleichung in Hinsicht des bequemen Gebrauchs und der Leichtigkeit der Ausführung 68

§. 31.

Berechnung eines Glasspiegelmikroscops für eine Glasart von geringer Brechung 70

§. 32.

Ueber die Anwendung des Flintglases zur Correctionslinse und die Vortheile desselben 76

§. 33.

Bemerkungen über andere mögliche Einrichtungen eines Glasspiegelmikroscops 78

§. 34.

Ueber den Maasstab, nach welchem das Mikroscop am schicklichsten auszuführen ist 79

Theorie der Spiegelmikroscope mit sphärischen Glasspiegeln.

§. 1.

Wenn man eine Glaslinse auf der einen Seite nach Art der gewöhnlichen Glasspiegel belegt, so wirkt sie bekanntlich wie ein sphärischer Spiegel und diese Wirkung ist nach Verschiedenheit der Krümmungshalbmesser verschieden. Für Mikroscope wird ein solcher Spiegel immer nur klein seyn und dieser Umstand macht das Belegen desselben zu einer ungemein leichten Sache. Es ist nur nöthig, eine etwas große Quantität Zinn oder Blei oder auch beides zugleich zu schmelzen und dasselbe dann mit Queckſilber zu versetzen, welches Amalgam man noch warm und flüssig auf die vorher erwärmte und in einer Fassung befindliche Linse gießt. Man erhält auf diese Weise Spiegel von ungemeinem Glanz, welche augenscheinlich nicht so viel Licht verschlucken, als man polirten Metallflächen vorwirft. In so fern es also leicht ist, ein sphärisches Glas hinlänglich genau zu schleifen und zu centriren, hat die Darstellung eines solchen Spiegels durchaus keine Schwierigkeit.

Wir schlagen nun einen solchen Spiegel für das Mikroscop vor, das wir im Ganzen so bauen, wie es von Amici angegeben worden, nämlich M N

(Fig. 1) ist der gläserne Objectivspiegel, **S** der kleine Planspiegel, welcher dem erstern die von dem zur Seite stehenden Object x herkommenden Strahlen zuwirft, wodurch in **G** ein Bild von x entstehen würde. Ehe aber dieses Bild zur Wirklichkeit kommt, werden die Strahlen von dem Zerstreuungsglas **P Q** aufgenommen, so daß das Bild nach **X** hingewiesen wird, wo man es durch die Oculare **O** betrachtet. Der Hauptzweck des Glases **P Q** aber ist die Aufhebung der dem Glasspiegel anhaftenden Fehler. In den folgenden §§ wollen wir nun die nähere Einrichtung dieses Instruments und die Vortheile zeigen, welche der Gebrauch desselben verspricht.

§. 2.

Wenn man den Krümmungshalbmesser der offenen Fläche des Spiegels mit r, den der belegten Fläche mit **R**, das Brechungsverhältniß mit n und die Brennweite mit p bezeichnet, so ist p durch die Gleichung gegeben:

$$\frac{1}{p} = \frac{2(n-1)}{r} + \frac{2n}{R}.$$

Die beiden Halbmesser gehören zunächst convexen Flächen an; wird eine davon hohl; so ist der zugehörige Halbmesser negativ zu nehmen.

Bezeichnet **a** die Entfernung des Objects vom Spiegel und α die Entfernung des Bilds, so ist, wie bei Linsengläsern und Spiegeln:

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a}.$$

Die Dicke der Spiegellinse ändert jedoch die Resultate, welche nach diesen Formeln berechnet werden, sehr merklich, weshalb sich noch besondere Correctionen nöthig machen und erforderlich ist, daß die Linse nicht übermäßig dick gemacht werde.

§. 3.

Wir wollen also sogleich den Gang des Strahls mit Rücksicht auf die Dicke der Linse, welche wir $= \triangle$ setzen, verfolgen. Setzen wir also die Weite, in welcher ein Strahl, der in der Entfernung a von einem Punkt der Axe ausgeht, mit dieser nach der ersten Brechung wieder vereinigt wird, $= K$, so ist

$$\text{I, } \frac{1}{K} = \frac{n-1}{nr} - \frac{1}{na},$$

wobei wir annehmen, daß beide Flächen der Spiegellinse convex sind und a vor, K hinter der Vorderfläche liegt. Dem gemäß fallen nun die Strahlen so auf die eigentliche Spiegelfläche, als ob sie in einem Punkt zusammenliefen, der um $K - \triangle$ hinter dem Spiegel liegt und hieraus ergibt sich die Vereinigungsweite b nach der Spiegelung durch die Gleichung.

$$\frac{1}{b} = \frac{2}{R} + \frac{1}{K - \triangle}$$

und es liegt b vor dem Spiegel. Für $\frac{1}{K - \triangle}$ läßt sich aber näherungsweise genau genug setzen $\frac{1}{K} + \frac{\triangle}{K^2}$, daher

$$\text{II, } \frac{1}{b} = \frac{2}{R} + \frac{1}{K} + \frac{\triangle}{K^2}.$$

Beim Rückgang durch die Vorderfläche werden nun die Strahlen zum andern Mal eben so gebrochen, wie beim Austritt aus einer Linse. Wir haben also:

$$\text{III, } \frac{1}{\alpha} = \frac{n-1}{r} + \frac{n}{b - \triangle}$$

$$\text{oder } \frac{1}{\alpha} = \frac{n-1}{r} + \frac{n}{b} + \frac{n\triangle}{b^2}.$$

Wenn wir nun in III, zunächst statt b seinen Werth aus II setzen, so erhalten wir:

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{n-1}{r} + \frac{2n}{R} + \frac{n}{K} + \frac{n\triangle}{K^2} + \frac{4n\triangle}{R^2} + \frac{4n\triangle}{RK} + \frac{n\triangle}{K^2} \text{ oder:}$$

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{n-1}{r} + \frac{2n}{R} + \frac{n}{K} + \frac{2n\triangle}{K^2} + \frac{4n\triangle}{R^2} + \frac{4n\triangle}{RK},$$

wobei wir alle höhern Potenzen von $\triangle$ weglassen. Substituiren wir nun auch noch statt K seinen Werth aus I, so erhalten wir:

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{n-1}{r} + \frac{2n}{R} + \frac{n-1}{R} - \frac{1}{a} + \frac{4n\triangle}{R^2} + \frac{4(n-1)\triangle}{Rr} - \frac{4\triangle}{aR} + \frac{2(n-1)^2\triangle}{nr^2} - \frac{4(n-1)\triangle}{nar} + \frac{2\triangle}{na^2}$$

oder endlich

$$\text{IV, } \frac{1}{\alpha} = \frac{2(n-1)}{r} + \frac{2n}{R} - \frac{1}{a} + 2\triangle\left[\frac{2n}{R^2} + \frac{2(n-1)}{Rr} + \frac{(n-1)^2}{nr^2} - \frac{2}{aR} - \frac{2(n-1)}{nar} + \frac{1}{na^2}\right].$$

Setzen wir hier a unendlich groß, so wird $\alpha = p$ und daher

$$\text{V, } \frac{1}{p} = \frac{2(n-1)}{r} + \frac{2n}{R} + 2\triangle\left[\frac{2n}{R} + \frac{2(n-1)}{Rr} + \frac{(n-1)^2}{nr^2}\right]$$

also auch

$$\text{VI, } \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a} - \frac{2\triangle}{a}\left[\frac{2}{R} + \frac{2(n-1)}{nr} - \frac{1}{na}\right].$$

§. 4.

Wenn wir nun in den Formeln des vorigen §. wegen der Farbenzerstreuung n in $n + dn$ übergehen lassen, so mag sich p in $p + dp$, α in $\alpha + d\alpha$ ver-

wandeln. Wir haben dann, wenn wir jene Aenderungen als Differentialien betrachten:

$$\text{I, } \frac{-dp}{p^2} = \frac{2dn}{r} + \frac{2dn}{R} + 2\triangle dn\left[\frac{2}{R^2} + \frac{2}{Rr} + \frac{(n+1)(n-1)}{nnrr}\right]$$

und dann:

$$\text{II, } \frac{d\alpha}{\alpha^2} = \frac{dp}{p^2} + \frac{2\triangle dn}{n^2 a}\left[\frac{2}{r} + \frac{1}{a}\right].$$

§. 5.

Wenn wir nun einen solchen Spiegel zu einem Mikroscop verwenden wollen, so kommt alles auf die Wahl der Krümmungshalbmesser an, theils um die Farbenzerstreuung und Kugelabweichung zu verringern, theils auch um die doppelten Bilder zu vermeiden. Immer aber muß die Vorderfläche hohl werden, daher r negativ zu nehmen ist und die Formeln der vorigen §§. sich so umgestalten:

$$\text{I, } \frac{1}{p} = \frac{2n}{R} - \frac{2(n-1)}{r} + 2\triangle\left[\frac{2n}{R^2} - \frac{2(n-1)}{Rr} + \frac{(n-1)^2}{nr^2}\right].$$

$$\text{II, } \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a} - \frac{2\triangle}{a}\left[\frac{2}{R} - \frac{2(n-1)}{nr} - \frac{1}{na}\right].$$

$$\text{III, } \frac{-dp}{p^2} = \frac{2dn}{R} - \frac{2dn}{r} + 2\triangle dn\left[\frac{2}{R^2} - \frac{2}{Rr} + \frac{(n+1)(n-1)}{nnrr}\right].$$

$$\text{IV, } \frac{d\alpha}{\alpha^2} = \frac{dp}{p^2} + \frac{2\triangle dn}{n^2 a}\left[\frac{1}{a} - \frac{2}{r}\right].$$

Wenn man Glas hätte, wo $n = 1{,}5$ wäre, so wäre die Proportion $R : r = 2 : 3$ nicht unbequem,

weil dann die Farbenzerstreuung des Spiegels sechsmal kleiner würde, als bei einer Linse von gleicher Brennweite und die doppelten Bilder sich gut vermeiden ließen. Eine gewisse Art weißen Spiegelglases, welche sehr häufig ist, hat das Brechungsverhältniß $n = 1{,}52$ oder doch nahe so und wenn man dieses gebraucht, so muß r etwa $= \frac{7}{5} R$ genommen werden. Je kleiner aber n, desto besser eignet sich in den meisten Hinsichten das Glas.

§. 6.

Wir wollen nun beispielsweise $n = 1{,}52$ und $r = \frac{7}{5} R$ annehmen, die Dicke der Linse aber zu $\frac{1}{80} R$ anschlagen, was für alle Fälle mir hinreichend scheint. Dann finden wir nach den Formeln des §. 4:

$$\text{I, } \frac{1}{p} = \frac{2.45634}{R}$$

$$\text{II, } \frac{dp}{p^2} = \frac{-0.628816}{R} dn$$

woraus folgt:

$$dp = \frac{-R\,dn}{9{,}5952} = \frac{-p\,dn}{3{,}9063}.$$

Für eine Glaslinse von derselben Brennweite ist die Abweichung wegen der Farbenzerstreuung

$$= \frac{-p\,dn}{n-1} = \frac{-p\,dn}{0{,}52},$$

also daß diese $\frac{3{,}9063}{0{,}52} = 7{,}512$mal stärker zerstreut, als jener Spiegel.

Ferner haben wir die Gleichungen:

$$\text{III,}\ \frac{1}{\alpha} = \frac{2.45634}{R} - \frac{1.10075}{a} + \frac{0.04386 \times R}{aa}$$

und

$$\text{IV,}\ \frac{d\alpha}{\alpha^2} = \frac{dp}{p^2} - \frac{0.04122}{a}\,dn + \frac{0.02886 \times R}{aa}\,dn,$$

welche letztere wir auch so darstellen wollen:

$$\frac{d\alpha}{\alpha^2} = \frac{-0{,}628816\,dn}{R}\left(1 + 0.06555\frac{R}{a} - 0.04589\frac{R^2}{aa}\right).$$

Für diese letzte Formel bemerken wir noch, daß sich die beiden mit $\frac{R}{a}$ und $\frac{R^2}{a^2}$ multiplicirten Glieder ziemlich aufheben, so daß man für die erste Näherung

$$\frac{d\alpha}{\alpha^2} = \frac{dp}{p^2}$$

setzen kann. Setzen wir den in der Parenthese enthaltenen Factor $= \nu$, so ist

$$\frac{d\alpha}{\alpha^2} = \frac{\nu\,dp}{p^2}$$

wo ν ziemlich $= 1$ ist.

§. 7.

Das Mikroscop wird, wie schon bemerkt, ganz nach Amici gebaut, hinter den kleinen Spiegel aber kommt eine Zerstreuungslinse zu stehen, welche nicht nur die Fehler des Spiegels wegen der Farbenzerstreuung und Kugelabweichung corrigirt, sondern auch ungemein viel beiträgt, die falschen Bilder aus dem Gesichtsfelde zu verweisen. Wir wollen die Entfernung des Bilds hinter der Zerstreuungslinse β, die Brennweite dieser Linse $= q$ und ihren Abstand vom

Objectivspiegel = e setzen, dann haben wir bekanntlich:

$$\mathbf{A}\ldots\ \frac{1}{\beta}=\frac{1}{\alpha-e}-\frac{1}{q},$$

und wenn wir also, im Fall n übergeht in n + dn, β in $\beta + d\beta$ und q in q + dq sich ändern lassen:

$$\mathbf{B}\ldots\ \frac{1}{\beta+d\beta}=\frac{1}{(\alpha-e)+d\alpha}-\frac{1}{q+dq},$$

folglich wenn wir **B** von **A** abziehen:

$$\frac{d\beta}{\beta(\beta+d\beta)}=\frac{d\alpha}{(\alpha-e)(\alpha-e+d\alpha)}-\frac{dq}{q(q+dq)}.$$

Es muß aber bekanntlich $d\beta = 0$ werden, wenn die Farbenzerstreuung gehoben werden soll, also ist

$$\frac{d\alpha}{(\alpha-e)^2\left(1+\frac{d\alpha}{\alpha-e}\right)}-\frac{dq}{(q+dq)q}=0.$$

Wenn nun die beiden hohlen Flächen der Zerstreuungslinse nach den Halbmessern f und g gekrümmt sind, so weiß man, daß $\frac{1}{q}=\frac{n-1}{f}+\frac{n-1}{g}$, und daher $\frac{1}{q+dq}=\frac{n-1}{f}+\frac{n-1}{g}+\frac{dn}{f}+\frac{dn}{g}$ $=\frac{1}{q}+\frac{dn}{(n-1)q}$, also $\frac{1}{q}-\frac{1}{q+dq}=\frac{dq}{q(q+dq)}$ $=\frac{-dn}{(n-1)q}$, wobei keine höhern Potenzen von dn weggelassen sind. Was aber den Ausdruck

$$\frac{d\alpha}{(\alpha-e)^2\left(1+\frac{d\alpha}{\alpha-e}\right)}$$

anlangt, so wollen wir einstweilen die höhern Potenzen von $d\alpha$ vernachlässigen, so daß wir haben:

$$\frac{d\alpha}{(\alpha-e)^2}+\frac{dn}{(n-1)q}=0.$$

Nun kann man setzen $d\alpha=\frac{\alpha^2\nu dp}{p^2}$ und $dp=\frac{-pdn}{\zeta}$ (§. 6.) und folglich ist:

$$\frac{1}{(n-1)q}-\frac{\nu\alpha^2}{\zeta p(\alpha-e)^2}=0$$

$$\text{also auch } q=\frac{\zeta p(\alpha-e)^2}{(n-1)\nu.\alpha^2}.$$

Man setze der Kürze halber $\frac{\zeta}{(n-1)\nu}=\mu$, so ist

$$q=\frac{\mu p(\alpha-e)^2}{\alpha^2},$$

$$\text{und } \frac{1}{\beta}=\frac{1}{\alpha-e}\left[1-\frac{\alpha^2}{\mu p(\alpha-e)}\right]$$

Begreiflich muß nun die Größe β immer positiv bleiben, so daß also $\alpha^2<\mu p(\alpha-e)$ seyn muß.

§. 8.

Man begreift, daß die Größe β, wovon die Länge des Mikroscops $=\beta+e$ abhängt, gegeben seyn muß, weil man außerdem nicht leicht eine Anordnung würde errathen können, bei welcher β einen geschickten Werth erhält. Wenn wir also aus der Gleichung

$$\frac{1}{\beta}=\frac{1}{\alpha-e}\left[1-\frac{\alpha^2}{\mu p(\alpha-e)^2}\right]$$

die Größe α bestimmen, so finden wir:

$$\alpha=\frac{(\mu p-2e)\beta+\sqrt{\mu p\beta(\mu p\beta-4e\beta-4e^2)}}{2(\mu p+\beta)}+e.$$

Man begreift ferner, daß e nicht größer genommen werden darf, als daß $\mu p \beta - 4e\beta - 4e^2 = 0$ wird. Es darf daher e nicht größer seyn als

$$-\frac{1}{2}\beta + \frac{1}{2}\sqrt{\beta(\mu p + \beta)},$$

lieber wird man aber e noch etwas kleiner nehmen, damit α größer wird.

Nach dieser letzten Bemerkung bestimmen wir nun aus den bekannten Größen p und β die Distanz e. Wir setzen dabei in der Zahl $\mu = \frac{\zeta}{(n-1)\nu}$, $\nu = 1$. Alsdann können wir auch α finden, wodurch wir schon einen genäherten Werth für diese Größe erhalten, welcher aber noch verbessert werden muß. Zu dem Ende bestimmt man mit dem gefundenen Werth von α aus den Gleichungen des §. 6. a, sodann den Factor ν und berechnet dann nochmals mittels des genaueren $\mu = \frac{\zeta}{(n-1)\nu}$ einen mehr genäherten Werth von α. Dabei ist jedoch zu bemerken, daß man e nicht größer nehmen soll, als daß

$$\alpha \text{ mindestens } = 2\frac{1}{2}a \text{ wird.}$$

§. 9.

Um dieses nun durch ein Beispiel zu erläutern, wollen wir $R = 17{,}5$ Linien, also $r = 17{,}5 \times \frac{7}{5} = 24{,}5'''$ annehmen und n, wie in §. 6., $= 1{,}52$ setzen. Ferner wollen wir bestimmen, daß $\beta = 70'''$ werden soll, wobei wir immer noch eine nicht ungeschickte Länge des Mikroscops erhalten.

Hier finden wir nun zuerst

$$p = \frac{17,5}{2,45634} = 7,12442.$$

Ferner ist $dp = \frac{-p\,dn}{3,9063}$, daher

$$\zeta = 3,9063$$

und $\frac{\zeta}{n-1} = \mu = 7.5121$

folglich auch $\mu p = 53,5192$.

Hiernach ergibt sich sodann aus

$$e = \frac{\sqrt{\beta(\mu p + \beta)} - \beta}{2},$$

daß e höchstens = 11.49''' seyn kann. Es wird daher genügen, wenn wir e = 10''' setzen.

Sodann ergibt sich nach §. 8. $\alpha = 25.29$ und mit diesem Werth von α gibt nun die Gleichung III in §. 6. a = 10.17'''.

Da man nun aber a kennt, so kann man den Factor ν

$$= 1 + 0.06555 \frac{R}{a} - 0.04589 \frac{R^2}{a^2}$$

berechnen; es wird aber $\nu = 0.97692$ und folglich ist nun das verbesserte $\mu p = \frac{53,5192}{0,97692} = 54,784$.

Wenn wir nämlich mit diesem Werth von μ das α noch einmal berechnen, so finden wir $\alpha = 26.009'''$, wofür wir lieber gerade 26''' annehmen wollen.

§. 10.

Mit diesem genäherten Werth von α könnte man nun die Brennweite des Correctionsglases und alles noch Uebrige berechnen, allein es scheint doch gerathener, noch genauer zu Werke zu gehen, denn die

ganze bisherige Rechnung kann eigentlich zu nichts weiter dienen, als zur Auffindung eines genäherten Werths von α, so daß bei einer gegebenen Einrichtung des Objectivspiegels eine verlangte Länge des Mikroscops herauskommt. Um aber die Einrichtung für die höchste optische Deutlichkeit zu berechnen, müssen wir den Weg des Strahls, der aus der Entfernung α auf den Spiegel gelangt, bei jeder einzelnen Brechung genau verfolgen, wozu folgende Formeln dienen:

Vereinigungsweite nach der Brechung an der Vorderfläche des Spiegels

$$K = \frac{n\alpha r}{(n-1)\alpha + r}.$$

Vereinigungsweite nach der Reflexion von der Spiegelfläche

$$b = \frac{(K+\triangle)R}{2(K+\triangle)-R}.$$

Vereinigungsweite nach dem Rückgang aus der Vorderfläche:

$$a = \frac{r(b-\triangle)}{nr-(n-1)(b-\triangle)}.$$

Nehmen wir nun $\alpha = 26$ und $\triangle = \frac{1}{30}R = 0.58'''$, so finden wir:

$K = 25.466596$, $K + \triangle = 26.046596$

$b = 13.17645$, $b - \triangle = 12.59645$

$a = 10.055865$.

Nachdem man so a gefunden, rechnet man von a wieder rückwärts auf α, aber mit einem geänderten n, um die Wirkung der Farbenzerstreuung zu erfahren. Man setze nämlich $dn = \frac{1}{100}$, also nunmehr $n' = 1.53$ statt $n = 1{,}52$, so erhält man das geänderte α, welches wir mit α' bezeichnen wollen und es ist dann $\alpha' - \alpha = d\alpha$ die Farbenabweichung. Die For-

meln sind dieselben, wie die oben angeführten, nur daß man α mit a verwechselt, nämlich

$$K' = \frac{n' a r}{(n'-1)a + r}$$

$$b' = \frac{(K' + \triangle)R}{2(K' + \triangle) - R}$$

$$\alpha' = \frac{r(b' - \triangle)}{n' r - (n'-1)(b' - \triangle)}$$

also in unserm Fall

$K' = 12.63658$, $K' + \triangle = 13.21658$

$b' = 25.89119$, $b' - \triangle = 25.31119$

$\alpha' = 25.76328$.

Demnach ist die Abweichung $d\alpha = \alpha' - \alpha = 0{,}23672$.

Da nun nach §. 7.

$$\frac{-d\alpha}{(\alpha - e)^2} + \frac{dn}{(n-1)q} = 0,$$

so findet sich

$$q = \frac{(\alpha - e)^2 \, dn}{(n-1)\, d\alpha},$$

also $q = \frac{16.16}{0{,}52 \times 100 \times 0{,}23672} = 20{,}79706$

wofür wir $q = 20.8$ setzen dürfen.

Dann haben wir $\beta = \frac{q(\alpha - e)}{q - (\alpha - e)} = 69\frac{1}{3} = 69.33333$.

§. 11.

Bei dieser Rechnung zur Herstellung des Achromatismus dürfen wir einen Umstand nicht unerwähnt lassen, welcher auch bei andern optischen Instrumenten, namentlich bei Littrows dialytischen Fernröhren eintrifft. Wir haben nämlich

$$\frac{d\alpha}{(\alpha-e)^2}+\frac{dn}{(n-1)q}=0$$

gesetzt, da doch streng genommen

$$\frac{d\alpha}{(\alpha-e)\left(1+\frac{d\alpha}{\alpha-e}\right)}+\frac{dn}{(n-1)q}=0$$

seyn sollte. Wenn wir hier nach den Potenzen von $d\alpha$ eine Reihe bilden und nur noch das Glied mit $d\alpha^2$ beibehalten, so haben wir

$$\frac{d\beta}{\beta(\beta+d\beta)}=\frac{d\alpha}{(\alpha-e)^2}-\frac{d\alpha^2}{(\alpha-e)^3}+\frac{dn}{(n-1)q}.$$

Man sieht, daß $d\beta$ für einen unveränderlichen Werth von q nicht in allen Fällen $= 0$ werden kann, da dn und das von dn abhängige $d\alpha$ bald größer bald kleiner (für die verschiedenen farbigen Strahlen nämlich), bald positiv bald negativ seyn wird. Wir behalten also, wenn wir

$$\frac{d\alpha}{(\alpha-e)^2}+\frac{dn}{(n-1)q}=0$$

setzen, immer noch eine Abweichung, welche von den höhern Potenzen $d\alpha$ abhängt und für die zweite Potenz von $d\alpha$ durch

$$d\beta=\frac{-\beta^2 d\alpha^2}{(\alpha-e)^3}$$

dargestellt wird. Nehmen wir für die hier vorkommenden Buchstaben die vorigen Werthe, so finden wir $d\beta = 0.0658$, also doch so gar klein nicht. Da sie aber nur für den größten Werth von $dn = \frac{1}{100}$, also nur bei den äußersten Strahlen des Spectrums diesen Werth hat, so ist sie weniger zu fürchten und wohl lange so bedeutend nicht, als die secundären Spectra achromatischer Objective.

Wenn z die Oeffnung der Correctionslinse, so entsteht durch die genannte Abweichung ein Abweichungskreis vom Durchmesser

$$\frac{z\,d\beta}{\beta} = \frac{z}{1054}.$$

Wäre $z = 4'''$, so betrüge dieses $\frac{1}{263}'''$. Gebraucht man also ein Ocular, welches für die Weite des deutlichen Sehens 40mal vergrößert, so erscheint jener Abweichungskreis als ein Object $\frac{1}{6{,}6}'''$ in der Weite des deutlichen Sehens, oder unter einem Winkel von etwa $5\frac{1}{2}$ Minuten, was wegen der Schwäche der äußersten Farben im Spectrum nicht merkbar ist.

Indessen scheint es mir doch, daß man sich hüten müsse, die Abweichung $d\beta = \frac{-\beta^2\,d\alpha^2}{(\alpha - e)^3}$ in allen Fällen für gar zu gering zu achten und besonders gilt dieses von Littrows dialytischen Fernröhren, die er in seiner Dioptrik beschrieben hat und wobei er jene Abweichung ganz außer Acht läßt. Wenn die Brennweite der vordern (converen) Linse eines solchen Instruments $= p$ gesetzt wird, so ist $\alpha = p$ und $d\alpha = dp = \frac{-p\,dn}{n-1}$, daher $d\beta = \frac{-\beta^2 p^2 dn^2}{(p-e)^3(n-1)^2}$. Nach einem Beispiel Littrows (Dioptr. S. 161 und 166) ist $e = \frac{4}{5}p$, $n = 1.8$, $\beta = 0{,}32\,p$, woraus folgt $d\beta = -20\,p\,dn^2$. Wie groß dn seyn soll, sagt Littrow nicht, wir wollen also $dn = \frac{1}{100}$ setzen, welches gewiß nicht zu viel ist. Dann haben wir aber $d\beta = \frac{-p}{500}$ und wenn wir die Oeff-

nung der Hohllinse = z setzen, so haben wir einen Abweichungskreis vom Durchmesser $\frac{z}{0{,}32\,p} \times \frac{p}{500}$ $= \frac{z}{160}$. Für ein Fernrohr von 5 Fuß Länge könnte man z ohngefähr 1 Zoll setzen, also daß jener Abweichungskreis einen Durchmesser von $\frac{1}{160}$ Zoll $= \frac{3}{40}$ Linien hätte, woraus die Schädlichkeit desselben bei nur mäßig vergrößernden Ocularen zur Genüge einleuchtet.

Ich habe anderswo den Fehler der secundären Spectra, welche von den zweiten Potenzen des Increments d n herrühren, aus Uebereilung auch auf solche Objective übergetragen, wo beide Linsen hart an einander liegen, allein selbige sind vollkommen frei davon, woraus denn der Schluß zu ziehen wäre, daß man die Correctionslinse von der Hauptlinse nicht zu weit abrücken dürfe.

§. 12.

Wir wollen nun sogleich zeigen, auf welche Weise die Kugelabweichung unsers Glasspiegels durch das Hohlglas vernichtet wird, wir werden uns aber hierbei begnügen müssen, die Abweichung des Spiegels durch trigonometrische Rechnung für jeden einzelnen Fall besonders zu suchen, indem dieselbe durch eine Formel nur dann ohne große Schwierigkeit ausgedrückt werden könnte, wenn man die Dicke der Spiegellinse vernachlässigte, was nicht erlaubt ist. Behalten nun die Buchstaben a, K, b, α u. s. w. dieselbe Bedeutung, wie in §. 10. und setzen wir den Winkel, den ein Randstrahl mit der Axe macht, = φ, so ist

bei der ersten Brechung:

$$\sin \psi = \frac{r - a}{r} \sin \varphi$$
$$\sin \omega = \frac{\sin \psi}{n}$$
$$\varphi' = \varphi + \omega - \psi$$
$$k = r - \frac{r \sin \omega}{\sin \varphi'}$$
$$k' = k + \triangle.$$

Bei der Spiegelung:

$$\sin \lambda = \frac{R - k'}{R} \sin \varphi'$$
$$\varphi'' = \varphi' - 2\lambda$$
$$b = R + \frac{R \sin \lambda}{\sin \varphi''}$$
$$b' = b - \triangle.$$

Bei der zweiten Brechung:

$$\sin \psi'' = \frac{r - b'}{r} \sin \varphi''$$
$$\sin \omega'' = n \sin \psi''$$
$$\varphi''' = \varphi'' + \omega'' - \psi''$$
$$\alpha' = r - \frac{r \sin \omega''}{\sin \varphi'''}$$

und dann hat man die Kugelabweichung $= \alpha' - \alpha$, welches wir mit w bezeichnen wollen.

Für das gewählte Beispiel, wo $a = 10{,}055865$, $r = 24{,}5$, $R = 17{,}5$ und $n = 1{,}52$, hätten wir demnach, wenn $\varphi = 15^0$ gesetzt wird, folgende Rechnung zu führen, die wir der bessern Uebersicht halber vollständig hersetzen wollen.

$\log \sin \varphi = 9.4129962$
$\log (r-a) = 1.1596915$
10.5726877
$\log r = 1.3891661$
$\log \sin \psi = 9.1835216$
$\log n = 0.1818436$
$\log \sin \omega = 9.0016780$
$\log r = 1.3891661$
10.3908441
$\log \sin \varphi' = 9.3173256$
$\log N = 1.0735185$

$\varphi = 15^{0}\ 0'\ 0''.00$
$\omega = 5^{0}\ 45'\ 41''.26$
$20^{0}\ 45'\ 41''.26$
$\psi = 8^{0}\ 46'\ 37''.07$
$\varphi' = 11^{0}\ 59'\ 4''.19$

$r = 24.5$
$N = 11.84455$
$k = 12.65545$
$\triangle = 0.58$
$k' = 13.23545$
$R = 17.5$
$R-k' = 4.26455$

$\log (R-k') = 0.6298732$
$\log \sin \varphi' = 9.3173256$
9.9471988
$\log R = 1.2430380$
$\log \sin \lambda = 8.7041608$
$\log R = 1.2430380$
9.9471988
$\log \sin \varphi'' = 9.0322716$
$\log N = 0.9149272$

$$\lambda = 2^0\ 54'\ 1''.71$$
$$2\lambda = 5^0\ 48'\ 3''.42$$
$$\varphi' = 11^0\ 59'\ 4\ .19$$
$$\varphi'' = 6^0\ 11^0\ 8''.77$$

$$N = 8.22105$$
$$R = 17.5$$
$$b = 25.72105$$
$$\triangle = 0.58$$
$$b' = 25.14105$$
$$r = 24.5$$
$$r - b' = -0.64105$$

$$\log (r - b') = 0.8068919^n - 1$$
$$\log \sin \varphi'' = 9.0322716$$
$$8.8391635^n$$
$$\log r = 1.3891661$$
$$\log \sin \psi'' = 7.4499974^n$$
$$\log n = 0.1818436$$
$$\log \omega'' = 7.6318410^n$$
$$\log r = 1.3891661$$
$$9.0210071^n$$
$$\log \sin \varphi''' = 9.0263565$$
$$\log N = 0.9946506^n - 1$$

$$\varphi'' = 6^\circ\ 11'\ 0''.77$$
$$+ \omega'' = -0^\circ\ 14'\ 43''.62$$
$$5^\circ\ 56'\ 17''.15$$
$$- \psi'' = +0^\circ\ 9'\ 41''.33$$
$$\varphi''' = 6^\circ\ 5'\ 68''.48$$

$$N = 0.98776$$
$$r = 24.5$$
$$\alpha' = 25.48776$$

Mithin ist die Abweichung $\alpha' - \alpha = w = -0 \cdot 51224$.

§. 13.

Wenn p die Brennweite, n das Brechungsverhältniß, a die Entfernung des Objects, α die Bildesweite, k die Vereinigungsweite nach der Brechung an der Vorderfläche und x die halbe Oeffnung einer Linse bedeuten, so ist bekanntlich die Längenabweichung von α wegen der Kugelgestalt =

$$\frac{-n\alpha^2 x^2}{2(n-1)^2 p}\left[n\left(\frac{1}{a\,a}-\frac{1}{a\,\alpha}+\frac{1}{\alpha\,\alpha}\right)+\frac{2n+1}{k}\left(\frac{1}{a}-\frac{1}{\alpha}\right)+\frac{n+2}{k^2}\right].$$

Auch müssen wir hier die bequemere Gestalt als bekannt voraussetzen, welche Euler dieser Formel gegeben hat, indem er sie umbildete in

$$\frac{-n\,(4n-1)\,\alpha^2 x^2}{8(n-1)^2(n+2)p}\left[\frac{\lambda}{p^2}+\frac{(4n-1)^2}{(4n-1)\,a\,\alpha}\right]$$

oder wenn wir setzen:

$$\mu = \frac{n\,(4n-1)}{8(n-1)^2(n+2)}$$

$$\nu = \frac{4(n-1)^2}{4n-1}$$

$$\rho = \frac{4+n-2n^2}{2(n-1)(n+2)}$$

$$\sigma = \frac{n\,(2n+1)}{2(n-1)(n+2)}$$

$$\tau = \frac{n\sqrt{4n-1}}{2(n-1)(n+2)}$$

so ist die Abweichung:

$$-\frac{\mu\alpha^2 x^2}{p}\left[\frac{\lambda}{p^2}+\frac{\nu}{a\,\alpha}\right],$$

und

$$\frac{1}{f} = \frac{\varrho}{a} + \frac{\sigma}{\alpha} + \frac{\tau}{p}\sqrt{\lambda - 1}$$
$$\frac{1}{g} = \frac{\varrho}{a} + \frac{\sigma}{\alpha} - \frac{\tau}{p}\sqrt{\lambda - 1},$$

wo f den Halbmesser der (convexen) Fläche bedeutet, welche mit a auf derselben Seite des Glases liegt; g ist der andere Halbmesser. Das Glas, an welchem diese Formeln entwickelt sind, ist convex und es liegen a und α auf verschiedenen Seiten desselben. Um aber diese Formeln bequem handhaben zu können, ist es gut, wenn man die Zahlen μ, ν, ϱ, σ, τ für verschiedene hier anwendbare Glasarten, also für verschiedene Werthe von n ein für allemal berechnet hat, daher wir folgendes Täfelchen mittheilen:

n	μ	ν	ϱ	σ	τ
1.500	1.07143	0.200000	0.285714	1.71429	0.958315
1.505	1.05652	0.203207	0.275406	1.70479	0.952520
1.510	1.04201	0.206429	0.265292	1.69549	0.946858
1.515	1.02786	0.209664	0.255369	1.68638	0.941294
1.520	1.01407	0.212913	0.245629	1.67745	0.935835

§. 14.

Da das Glas, mit welchem wir die Abweichung des Spiegels corrigiren wollen, nothwendig ein Hohlglas seyn muß, so wird p negativ und wir haben daher fürs Erste in den Formeln des vorigen §. —q statt p zu schreiben, so daß die Abweichung

$$= \frac{\mu\alpha^2 x^2}{q}\left(\frac{\lambda}{q^2} + \frac{\nu}{a\alpha}\right)$$

wird. Wir haben ferner das Hohlglas so einzurich-

ten, daß die Abweichung der Randstrahlen, welche aus der Entfernung β kommen, der des Spiegels oder $= w$ wird. Hierbei geht dann das vorige a in β und das vorige α in $-(\alpha - e)$ über, indem nun α mit a auf einerlei Seite des Glases fällt. Wir haben also

$$w = \frac{\mu\,(\alpha-e)^2\,x^2}{q}\left(\frac{\lambda}{q^2} - \frac{\nu}{(\alpha-e)\,\beta}\right),$$

$$\text{also } \lambda = \frac{q^3\,w}{\mu(\alpha-e)^2x^2} + \frac{\nu\,q^2}{(\alpha-e)\,\beta}.$$

Wir können also λ und hieraus auch die Halbmesser des Glases berechnen, wenn wir nur vorher x, d. h. die halbe Oeffnung der Correctionslinse gesucht haben. Man kann aber

$$x = (\alpha' - e)\ \mathrm{tg}\,\varphi'''$$

setzen, wo a' und φ''' aus §. 12 bekannt sind.

Hiernach findet sich nun $x = 1.6552$
und alsdann auch $\lambda = 6.5644$
$\sqrt{\lambda - 1} = 2.3589.$

Nun hat man

$$\frac{1}{f} = \frac{\rho}{\beta} - \frac{\sigma}{\alpha - e} \mp \frac{\tau}{q}\sqrt{\lambda - 1}$$

$$\frac{1}{g} = \frac{-\rho}{\alpha - e} + \frac{\sigma}{\beta} \pm \frac{\tau}{q}\sqrt{\lambda - 1}$$

also

$$\text{I} \begin{cases} \frac{1}{f} = -0.2074 \\ \frac{1}{g} = +0.1150 \\ f = -4.82 \\ g = +8.70 \end{cases}$$

oder auch

$$\text{II} \begin{cases} \frac{1}{f} = + 0.00483 \\ \frac{1}{g} = - 0.09729 \\ f = + 20.704 \\ g = - 10.28 \end{cases}$$

Nach beiden Arten erhält man also für die Correctionslinse einen Meniskus, aber nur der zweite hat eine geschickte Form. Die Seite, welcher der Halbmesser g zugehört, wird gegen den Objectivspiegel gewendet.

§. 15.

Um nun zu untersuchen, bis zu welchem Grad genau die Kugelabweichung mittels der Halbmesser $g = -10{,}28$ und $f = +207{,}04$ vernichtet wird, ist eine trigonometrische Rechnung nöthig, die nach folgenden Formeln angestellt wird:

Brechung an der nach dem Objectivspiegel zugekehrten Seite der Correctionslinse.

$$\sin \psi''' = \frac{(a' - e + g) \sin \varphi'''}{g}$$

$$\sin \omega''' = \frac{\sin \psi'''}{n}$$

$$\varphi^{IV} = \varphi''' + \omega''' - \psi'''$$

$$k'' = \frac{g \sin \omega'''}{\sin \varphi^{IV}} - g.$$

Brechung an der andern Seite der Correctionslinse.

$$\sin \psi^{IV} = \frac{(k'' + f) \sin \varphi^{IV}}{f}$$

$$\omega^{IV} = n \sin \psi^{IV}$$

$$\varphi^{V} = \varphi^{IV} + \varphi^{IV} - \psi^{IV}$$

$$\beta' = \frac{f \sin \omega^{IV}}{\sin \varphi^{V}} - f.$$

Die Dicke der Linse ist hierbei = o gesetzt und die Linse genommen, wie sie in §. 14 gefunden worden, also daß g einer concaven, f einer convexen Fläche angehört. Würde die andere Fläche mit dem Halbmesser f auch hohl, so wäre nur f negativ zu setzen. Die nummerische Rechnung gibt nun folgendes:

log (a'—e+g)	=	1.4110767
log sin φ'''	=	9.0263565
		10.4374332
log g	=	1.0119931
log sin ψ'''	=	9.4254401
log n	=	0.1818436
log sin ω'''	=	9.2435965
log g	=	1.0119931
		10.2555896
log sin φ'''	=	8.1138085
log N	=	2.1417811

φ'''	=	6°	5′	58″.48
ω'''	=	10°	5′	30″.35
		16°	11′	28″.83
ψ'''	=	15°	26′	48″.22
φ^{IV}	=	0°	44′	40″.61

N	=	138.6057
g	=	10.28
k″	=	128.3257
f	=	207.04
k″ + f	=	335.3657

$$
\begin{aligned}
\log (k'' + f) &= 2.5255186 \\
\log \sin \varphi^{IV} &= 8.1138085 \\
& \quad 10.6393271 \\
\log f &= 2.3160543 \\
\log \sin \psi^{IV} &= 8.3232728 \\
\log n &= 0.1818436 \\
\log \sin \omega^{IV} &= 8.5051164 \\
\log f &= 2.3160543 \\
& \quad 10.8211707 \\
\log \sin \varphi^{V} &= 8.3792269 \\
\log N &= 2.4419438
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\varphi^{IV} &= 0^0\ 44'\ 40''.61 \\
\omega^{IV} &= 1\ 50\ 1\ .09 \\
& \quad 2\ 34\ 41\ .70 \\
\psi^{IV} &= 1^0\ 12'\ 22\ .08 \\
\varphi^{V} &= 1^0\ 22'\ 19''.62
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
N &= 276.658 \\
r &= 207.04 \\
\beta' &= 69.618.
\end{aligned}
$$

Folglich ist die noch Statt findende Abweichung $\beta' - \beta = 0 \cdot 285$, welches etwa $\frac{1}{243}$ des Ganzen beträgt. Obschon diese Abweichung nicht ganz unbedeutend ist, so dürfte sie doch noch geringer seyn, als in unsern bisherigen Microscopen. Uebrigens aber ist wohl zu bemerken, daß die eben gemachte Rechnung, die mit den gewöhnlichen Logarithmentafeln geführt ist, in Kleinigkeiten kein Vertrauen mehr verdient, denn die Annahme, daß z. B. log sin φ^V bis 7 Decimalstellen = log φ^V sey, weicht schon merklich von der Wahrheit ab und dann kommt noch hinzu, daß wir den Werth von g um eine Kleinigkeit unrichtig genommen haben, die zwar für die

Praxis unmerklich ist, in der Rechnung aber doch Einfluß haben kann. Endlich erscheint β als eine Differenz zweier großen Zahlen, deren höchste Stellen sich aufheben, weshalb natürlich die Differenz mit ihren Gliedern nicht gleichen Grad der Genauigkeit haben kann.

Es ist aber zunächst nicht nöthig, die Rechnung mit veränderten Formeln genauer zu führen, indem vielleicht eine geringe Aenderung in der Stellung der Correctionslinse im Stand seyn wird, die höchste Deutlichkeit hervorzubringen.

§. 16.

Eine wichtige Frage ist auch noch die, wie groß das Bild seyn werde, welches unser Glasspiegel in Verbindung mit seiner Correctionslinse hervorbringt und hierbei ist es nöthig, den Einfluß zu ermitteln, welchen die Dicke der Linse des Spiegels auf den Gang derjenigen Strahlen (Hauptstrahlen) ausübt, wodurch die Größe des Gesichtsfelds bestimmt wird. Es sey also **MN** (Fig. 3) der Glasspiegel, **XA** seine Axe und **AY** ein vom Rand des Objects auf den Mittelpunkt des Spiegels fallender Strahl, der mit eben dieser Axe einen Winkel $\mathbf{XAY} = \vartheta$ bildet. Dieser Strahl **AY** wird nun so gegen die Axe gebrochen, daß der Winkel $\mathbf{BAD} = \frac{\vartheta}{n}$; hernach reflectirt ihn die Spiegelfläche so, daß er aus **C** zu kommen scheint und es ist

$$\mathbf{CD} = \frac{\triangle \mathbf{R}}{\mathbf{R} + 2\triangle} = \triangle \left(1 - \frac{2\triangle}{\mathbf{R}}\right) = \triangle - \frac{2\triangle^2}{\mathbf{R}};$$

also Winkel $BCD = \frac{AD}{CD} \times BAD$

$$= \frac{\triangle \times \frac{\vartheta}{n}}{\triangle - \frac{2\triangle^2}{R}} = \left(1 + \frac{2\triangle}{R}\right)\frac{\vartheta}{n}.$$

Ferner erleidet der Strahl BJ an der Vorderfläche des Spiegels eine Brechung, so daß

$$AE = \frac{r \times CA}{nr - (n-1)\,CA}.$$

Es ist aber $CA = CD + AD = 2\triangle - \frac{2\triangle^2}{R^2}$, also

$$AE = \frac{2r\left(\triangle - \frac{\triangle^2}{R}\right)}{nr - (n-1)\,2\triangle}$$

indem wir im Nenner das Quadrat von $\triangle$ weglassen. Dieses geht nun über in

$$AE = \frac{2\triangle\left(1 - \frac{\triangle}{R}\right)}{n\left(1 - \frac{2(n-1)}{nr}\triangle\right)} = \frac{2}{n}\triangle\left(1 - \frac{\triangle}{R}\right)\left(1 + \frac{2(n-1)\triangle}{nr}\right)$$

oder in

$$AE = \frac{2}{n}\triangle\left(1 - \frac{\triangle}{R} + \frac{2(n-1)\triangle}{nr}\right).$$

Folglich ist auch Winkel $JEA = \frac{CA}{EA} \times JCA$

$$= \frac{1 - \frac{\triangle}{R}}{\frac{1}{n}\left(1 - \frac{\triangle}{R} + \frac{2(n-1)\triangle}{nr}\right)} \times \left(1 + \frac{2\triangle}{R}\right) \times \frac{\vartheta}{n}$$

$$= \frac{\vartheta\left(1 + \frac{\triangle}{R}\right)}{1 - \frac{\triangle}{R} + \frac{2(n-1)\triangle}{nr}}$$

$$\text{oder } JEA = \left(1 + \frac{2\triangle}{R} - \frac{2(n-1)\triangle}{nr}\right)\vartheta.$$

Für gegenwärtige Untersuchungen sind nun die beiden Größen zu bemerken:

$$JEA = \left(1 + \frac{2\triangle}{R} - \frac{2(n-1)\triangle}{nr}\right)$$

$$\text{und } EA = \frac{2}{n}\triangle\left(1 - \frac{\triangle}{R} + \frac{2(n-1)\triangle}{nr}\right),$$

bei der letztern können wir jedoch die höhern Potenzen von $\triangle$ vernachlässigen und kurzweg setzen

$$EA = \frac{2}{n}\triangle.$$

Von E aus gesehen erscheint also das Bild, welches der Objectivspiegel hervorbringen würde und welches von E um $\alpha + EA = \alpha + \frac{2}{n}\triangle$ absteht, unter dem Winkel JEA und seine Größe ist also

$$\left(\alpha + \frac{2}{n}\triangle\right) \text{ tang } JEA.$$

Die Größe des Objects ist aber a tang ϑ und daher die Vergrößerungszahl des vom Spiegel allein erzeugten Bilds

$$= \frac{\left(\alpha + \frac{2}{n}\triangle\right) \times JEA}{a\,\vartheta} = \frac{\alpha + \frac{2}{n}\triangle}{a}\left(1 + \frac{2\triangle}{R} - \frac{2(n-1)}{nr}\triangle\right).$$

Dieses Bild kommt aber nicht zur Wirklichkeit, sondern es wird vom Hohlglas in die Distanz β gewiesen und dabei so viel Mal vergrößert, als α—e in β enthalten ist. Folglich ist das Bild unsers Mikroscops

$$\frac{\left(\alpha + \frac{2}{n}\triangle\right)\beta}{a\,(\alpha - e)}\left[1 + \frac{2\triangle}{R} - \frac{2(n-1)\triangle}{nr}\right] \text{ Mal}$$

größer, als das Object und diese Zahl wollen wir immer mit m bezeichnen.

Für das zur Erläuterung unsers Vortrags gewählte Beispiel ist $\frac{2\triangle}{R} = \frac{1}{15} = 0.0667$, $\frac{2(n-1)\triangle}{nr} = \frac{10(n-1)}{7 \cdot 30\,n} = \frac{n-1}{21\,n}$, also da $n = 1{,}52$, $\frac{2(n-1)\triangle}{nr} = 0.0163$, folglich

$$1 + \frac{2\triangle}{R} - \frac{2(n-1)\triangle}{nr} = 1{,}0504.$$

Ferner ist $\frac{2}{n}\triangle = \frac{2}{1{,}52} \times 0{,}58 = 0{,}76$, also

$$\frac{\left(\alpha + \frac{2}{n}\triangle\right)\beta}{a\,(\alpha - e)} = \frac{26{,}76 \times 69{,}33}{10{,}056 \times 16} = 11{,}53$$

und daher auch $m = 11{,}53 \times 1{,}0504 = 12{,}11$, d. h. das Bild ist 12,11 Mal größer, als das Object, oder es vergrößert das Instrument ohne die Oculare 12 Mal.

§. 17.

Wir können nun nach dem einfachen Spiegel fragen, welcher eben so viel wirkt, als unsre Verbindung des Glasspiegels mit seiner Hohllinse. Dieser äquivalente einfache Spiegel muß begreiflich eine solche Brennweite haben, daß er in der Entfernung $e + \beta$ ein Bild erzeugt, welches m Mal $= 12{,}11$ Mal größer ist, als das Object. Nennen wir diese Brennweite π, die Entfernung des Objects vom Spiegel a, die Bildesweite $= b$, so ist

$$a = \frac{b\,\pi}{\pi - b}$$

und da $\frac{b}{a} = m$, so ist

$$m = \frac{b - \pi}{\pi} = \frac{b}{\pi} - 1,$$

daher

$$\pi = \frac{b}{m + 1}.$$

Für unser Beispiel ist $b = \beta + e = 79{,}33$, $m = 12{,}11$, also die Brennweite des gleich viel leistenden einfachen Spiegels $=$

$$\pi = \frac{79{,}33}{13{,}11} = 6{,}05$$

beinahe. Es gehört also schon ein sehr stark gekrümmter Spiegel dazu, wenn er eben so viel leisten soll, als unsere vorgeschlagene Verbindung und ein sphärischer Spiegel würde mit einer Oeffnung, wie der unsrige, wohl kaum noch etwas erkennen lassen.

§. 18.

Wir haben ferner die Stellung und Größe des kleinen Spiegels zu berücksichtigen und auf diesen

Gegenstand nicht weniger Sorgfalt zu verwenden, als auf die andern Theile des Instruments, weil der Planspiegel bei unserem Mikroscop eine viel bedeutendere Rolle spielt, als bei andern Spiegelmikroscopen. Es sey also in Fig. 4 **M N** der Objectivspiegel und **E F** der gegen die Axe unter 45° geneigte Planspiegel, so hat dieser begreiflich eine elliptische Form. Es ist unnöthig, die große und kleine Axe dieser Ellipse durch eine Rechnung zu bestimmen, da man durch eine accurate Zeichnung weit leichter zu diesem Zweck kommen kann. Für unsere jetzigen Betrachtungen genügt es, durch den Punkt x, wo die Axe den Planspiegel durchschneidet, eine ebene Spiegelfläche **e f** zu legen, welche auf der Axe senkrecht steht. Der Durchmesser dieser kreisförmigen Spiegelfläche **e f** muß nun eben so groß seyn, als der Durchschnitt des Strahlenkegels **M O N** bei x, welcher von den aus **O** kommenden und über die ganze Oberfläche des Spiegels sich verbreitenden Strahlen gebildet wird, wenn nämlich **O** vom Spiegel um die Entfernung des Objects = a absteht. Der geneigte Planspiegel **E F** nämlich reflectirt die vom Object durch das Seitenloch des Rohrs eintretenden Strahlen so, als ob sie aus **O** kämen und es ist **x O** eben so groß, als der senkrechte Abstand des zur Seite des Rohrs stehenden Objects von der Axe.

Die Entfernung **x O** nun ist so groß, als der Oeffnungshalbmesser **A N** des Objectivspiegels sammt dem senkrechten Abstand des Objects vom Rand dieses Spiegels oder von der innern Wand der Röhre. Es sey **A N** = x und die eben zuletzt benannte Größe = y, so ist

$$O x = x + y,$$

$$\text{daher } e f = \frac{2 (x + y) x}{a}.$$

Der Strahlenkegel **M N O** wird nun nach der Reflexion in den Kegel **M N B** verlängert, so daß **A B** = α und es ist klar, daß ein Theil der reflectirten Strahlen vom kleinen Spiegel aufgehalten und auf die Seite des Rohrs geworfen werde, diejenigen Strahlen nämlich, welche von dem mittlern Theil des Spiegels kommen, dessen Durchmesser **m n** ist. Man hat

$$x\,B = \alpha - a + x + y$$

$$\text{und daher } m\,n = \frac{\alpha \times (c\,f)}{\alpha - a + x + y},$$

$$\text{oder } m\,n = \frac{2\alpha\,(x+y)\,x}{a\,(\alpha - a + x + y)}.$$

So groß ist also der für die aus dem Punkt **O** der Axe kommenden Strahlen verdeckte Theil des Spiegels und er beträgt

$$\frac{m\,n}{M\,N} = \frac{\alpha\,(x+y)}{a\,(\alpha - a + x + y)}$$

Theile vom Durchmesser dieses Spiegels, so daß

$$\left(\frac{m\,n}{M\,N}\right)^2 = \frac{\alpha^2\,(x+y)^2}{a^2\,(\alpha - a + x + y)^2}$$

Theile von der Oberfläche des Objectivspiegels verdeckt werden und eben so viel vom auffallenden Licht verloren geht.

Bei dem bereits zu Grund gelegten Spiegel, wo a = 10.056 und α = 26, könnte man ohne Bedenken eine Oeffnung von 6 Linien nehmen, denn es ist diese Oeffnung nach der Bezeichnung des §. 12 =

$$2\,a'\,\text{tang}\,\varphi''$$

oder = 5,448.

Die Größe y kann man nicht eigentlich = o nehmen, weil man wegen der Dicke der Röhrenwände und anderer Umstände halber mit dem Object nicht so nahe kommen kann, daß er nur um x

von der Axe abstände; wir wollen also $y = 1'''$ annehmen. Unter dieser Voraussetzung wird $ef = \frac{2 \cdot 4 \cdot 3}{10.056} = 2.386'''$, wofür wir $2.4'''$ setzen können. Hiernach findet man durch die Formel

$$\frac{a^2 (x+y)^2}{a^2 (a-a+x+y)^2} = \frac{26^2 \times 4^2}{10.056^2 \times 20^2},$$

daß etwa 0.27 des auffallenden Lichts vom kleinen Spiegel aufgefangen werden. Wenn man unter übrigens gleichen Umständen $y = 2'''$ nähme, so wie es, um undurchsichtige Objecte zu erleuchten, wohl nicht anders würde seyn können, so würde man finden, daß 0.38 des Lichts verloren gehen. Diesen Lichtverlust, welcher freilich nicht unbeträchtlich ist, muß man sich gefallen lassen, wenn man eine große Oeffnung des Objectivspiegels verlangt. Bei Mikroscopen mit einfachen Spiegeln wird er wohl geringer, weil dann der Kegel **M N B** viel länger wird; allein man wird dann ohne Nachtheil für die Deutlichkeit auch nicht so große Oeffnungen zulassen können.

Wenn man übrigens die Oeffnung des Objectivspiegels kleiner nähme, so würde man auch eine geringere Quote des Lichtverlusts durch den kleinen Spiegel erhalten. Wäre z. B. $x = 2.5$ und $y = 1$, so würden nur 0.22 des Lichts verloren gehen. Dem ungeachtet ist eine größere Oeffnung einer kleinern weit vorzuziehen, weil sie im Ganzen doch mehr Licht gewährt.

Uebrigens ist einleuchtend, daß auf die Größe, die Figur und die richtige Stellung des Planspiegels viel Fleiß verwendet werden müsse, damit dieser nicht einen zu großen Theil des Objectivspiegels verdecke und, was gleichfalls eine Hauptsache ist, den Kegel **M O N** ganz fasse, weil sonst für die in der Axe

liegenden Punkte des Objects ein Theil am Rand des Spiegels unnütz werden würde. Wir müssen es aber den Künstlern überlassen, wie der Planspiegel nach allen Bedingungen richtig herzustellen sey.

§. 19.

Die Helligkeit des Mikroscops wird zwar durch eine große Oeffnung des Objectivs im Allgemeinen vergrößert, allein sie hängt dabei zugleich auch von der Entfernung des Objects a oder von dem Oeffnungswinkel φ (§. 12) ab.

Es sey also in O (Fig. 5) ein Object, welches einen Strahlenkegel A O B auf das Objectiv sendet und A B sey ein ebner senkrechter Durchschnitt dieses Kegels in der Entfernung O C = a. Man verlängre die Axe O C dieses Kegels, bis O E der Weite des deutlichen Sehens gleich wird und construire den Kegel O E F, dessen Grundfläche E F = der Oeffnung der Pupille ist. Hier ist nun klar, daß die auf das Objectiv fallende Lichtmenge zu derjenigen, welche bei unmittelbarer Betrachtung des Objects ins Auge gelangt, sich wie die Kreisfläche A B zu der Kreisfläche G D verhalten müsse.

Ist nun der Winkel A O C = φ, so ist A C = a tang φ und die Kreisfläche A B = $a^2 \pi \text{ tang } \varphi^2$. Wenn ferner die Weite des deutlichen Sehens O E = h, die halbe Oeffnung der Pupille E F = w gesetzt wird, so ist $CG = \frac{a\,w}{h}$, also die Kreisfläche $GD = \frac{a^2 w^2}{h^2}$. Mithin ist die Lichtmenge des Objectivs

$$\frac{\text{Kreisfläche A B}}{\text{Kreisfläche G D}} = \frac{h^2 \text{ tang } \varphi^2}{w^2} \text{ Mal}$$

größer, als die bei der Betrachtung mit bloßem Auge,

oder im Mikroscop wird mit $\frac{h^2 \text{ tang } \varphi^2}{w^2}$ Mal so viel Licht gesehen, als mit bloßem Auge, und diese Zahl wollen wir mit L bezeichnen.

Man setzt gewöhnlich h = 8 Zoll und w = $\frac{1}{20}$ Zoll, so daß $L = 8^2 \times 20^2 \times \text{tang } \varphi^2 = 25600 \text{ tang } \varphi^2$ würde. Bei unserm Spiegel dürfen wir indeß L so groß nicht anschlagen, denn es bleiben uns wegen der Hinderung des kleinen Spiegels nur etwa $\frac{3}{4}$ des auffallenden Lichts, und wenn wir annehmen, daß durch die Brechung und Spieglung $\frac{1}{2}$ verloren geht, so haben wir noch $\frac{3}{8}$ des auffallenden Lichts, also daß

$$L = 9600 \text{ tang } \varphi^2$$

würde. Nehmen wir nun $\varphi = 15^0$ (obschon man φ bis 17^0 annehmen könnte), so haben wir

$$L = 689.$$

Wenn wir nun die Gesammtvergrößerung des Instruments = M setzen, so sieht man das Bild mit einer Erleuchtung, welche durch

$$\frac{L}{M\,M}$$

im Vergleich gegen die Helligkeit mit bloßem Auge zu schätzen ist.

Wäre z. B. M = 200, so wäre unter Beibehaltung des vorigen Werths von L die Lichtstärke des Mikroscops $= \frac{689}{40000} = \frac{1}{58}$ von der mit bloßem Auge. Da man nun leicht das Object in eben dem Maase stärker beleuchten kann, so scheint mir der Lichtmangel der bisherigen Spiegelmikroscope ein starkes Zeugniß wider ihre Deutlichkeit und namentlich gegen die elliptische Form der Spiegel zu seyn.

§. 20.

Es ist nun noch die Frage zu beantworten übrig, wie die doppelten Bilder vermieden werden und in dieser Absicht müssen wir vorher die Natur dieser Bilder genauer untersuchen. Es sey also **M N** in Fig. 2 die vordere hohle Fläche des Glasspiegels, welche wie ein Hohlspiegel von der Brennweite $\frac{1}{2}$ r $= \pi$ wirkt und demgemäß von dem in der Entfernung A x = a befindlichen Object x y ein Scheinbild x′ y′ entwirft. Die Entfernung dieses Scheinbilds hinter dem Spiegel oder A x ist =

$$d = \frac{a\,\pi}{\pi - a}$$

und seine Größe

$$x'y' = \frac{d}{a}(xy) = \frac{\pi}{\pi - a}(x\,y).$$

Indem nun die Strahlen des Scheinbilds x′ y′ auf das Hohlglas **P Q** gelangen, wird erstres bis x″ zurückgezogen und es ist $B\,x'' = \frac{B\,x' \times q}{q + B\,x'}$, oder da **B x′ = d + e**:

$$B\,x'' = d' = \frac{q\,(d+e)}{q + d + e}.$$

Die Größe dieses zweiten Scheinbilds x″ y″ aber ist $= \frac{B\,x''}{B\,x'}(x'y')$, oder

$$x''y'' = \frac{q\pi \times (x\,y)}{(q + d + e)(\pi - a)}.$$

Substituiren wir hier die Zahlen unsers Beispiels, als $\pi = \frac{1}{2}r = 12{,}25$, $a = 10 \cdot 056$, $e = 10$, so ergibt sich

$$A\,x' = d = 56.146$$
$$x'\,y' = 5.5835\,(x\,y),$$

daher $d + e = 66.146$ und

$$B\,x'' = 15.824$$

$$x''\,y'' = 1.335\ (x\,y).$$

Jetzt kann man sich Spiegel und Hohlglas weggenommen denken und die Sache so ansehen, als ob die Strahlen des Bilds $x''\,y''$ unmittelbar in die Oculare gelangten, der kleine Spiegel $f\,e$ ihnen aber theilweis entgegenstände und sie nach der Seite des Rohrs reflectirte. Hierbei kommt nun Vieles auf die Stellung und Größe des kleinen Spiegels an. Wir wollen also annehmen, die halbe Oeffnung des großen Spiegels sey $= 3'''$, die Entfernung des Objects von der Röhre $= 1'''$, wie das bei der Betrachtung durchsichtiger Objecte Statt haben kann, so wird $f\,e = 1.2$, $A\,f = 6.056$, $f\,x = 4$. Ferner

$$x''\,A = 5.824$$

$$x''\,f = 11.880$$

und wenn i der Ort des wirklichen Bilds ist

$$x''\,i = 85.157.$$

Ziehen wir nun $x''\,e$ und verlängern sie, bis sie die in i auf der Axe senkrecht stehende $i\,l$ in l schneidet, so haben wir

$$x''\,f : f\,e = x''\,i : i\,l$$

$$11.880 : 1{,}2 = 85.571 : i\,l$$

daher $i\,l = 8{,}6$.

Es ist also $i\,l$, d. h. die halbe Ausdehnung des Gesichtsfelds $= 8.6$, folglich der ganze Durchmesser $= 17.2$, d. h. wenn auch der Durchmesser der Ocularöffnung 17 Linien betrüge, so würde dennoch von den aus der Axe kommenden Strahlen des Nebenbilds nichts in das Gesichtsfeld gelangen können. So große Oeffnungen gibt man aber den Ocularen nicht.

Indessen ist es nicht hinreichend, wenn nur von den Punkten des Nebenbilds, welche in der Axe liegen, nichts in die Oculare kommt, sondern es muß auch das ganze Gesichtsfeld von allem falschen Schimmer frei seyn und diesen Zweck wird man erreicht haben, wenn man die Einrichtung so trifft, daß auch von dem äußersten Punkt y'' des Nebenbilds kein Licht in das Gesichtsfeld dringt. Man ziehe also y e und verlängere sie bis k, so werden alle Strahlen des Punkts y beseitigt seyn, wenn y k beseitigt wird. Es entsteht daher die Frage, wie groß ein Object x y seyn dürfe, damit von dem falschen Bild x'' y'' nichts in die Oculare komme.

Diese Frage ist noch nicht bestimmt, wenn wir nicht festsetzen, wie groß i k seyn soll, d. h. der halbe Durchmesser des wirklichen Bilds. Man kann und wird es sogar vorziehen, bei i eine Blendung anzubringen, welche das Gesichtsfeld begrenzt, und wir wollen nun den Oeffnungshalbmesser dieser Blendung oder i k allgemein $= \rho$ setzen. Ziehen wir dann y'' b und e d mit der Axe parallel, so haben wir:

$$e d : d k = y'' b : b e$$
$$\text{d. i. } f i : d k = x'' f : b e;$$

aber $f i = x'' i - x'' f = 85.157 - 11.880 = 73.277$ und $d k = \rho - e f = \rho - 1.2$, folglich

$$73.277 : \rho - 1{,}2 = 11{,}880 : e b$$

und daher $e b = 0.1621\,\rho - 0.1945$,

woraus denn folgt $x'' y'' = b f = e f - e b = 1{,}2 + 0.1945 - 0.1621\,\rho$, oder

$$x'' y'' = 1.3945 - 0.1621 \times \rho.$$

Wir wissen aus dem Vorigen, daß

$$x'' y'' = 1.335\ (x y)$$

und hieraus finden wir:

$$x y = 1.04 - 0.121 \times \rho.$$

So groß darf nämlich das halbe Object seyn, der ganze Durchmesser desselben darf also nur

$$2\,(x\,y) = 2.1 - 0.242 \times \rho$$

Linien betragen.

Wenn man nun den Halbmesser der Blendung bei i, $\rho = 2'''$ nähme, so würde man $2\,(x\,y) = 1.6'''$ Linien finden. Der Gegenstand, den man auf einmal übersehen kann, ist bei weitem nicht so groß, denn da sein Bild 12.11 Mal vergrößert ist, so kann er nur $\frac{2\,\rho}{12.11}$, d. i. beinahe $\frac{1}{3}$ Linien betragen.

Man muß nun dafür sorgen, daß dem Instrument kein leuchtender Gegenstand von einem größeren Durchmesser geboten werden kann, als etwa 1.6 Linien und dieses erreicht man, wenn man bei durchsichtigen Objecten die Oeffnung des Glastellers, worauf die Objecte liegen, nicht größer als jene 1.6 Linien macht, die Oberfläche des Objecttisches aber um jene Oeffnung herum so viel als möglich von allem Glanz befreit. Diese Oeffnung ist zwar weit kleiner, als sie sonst bei Mikroscopen gemacht zu werden pflegt, allein sie ist doch bei allen mikroscopischen Objecten, auf welche man starke Vergrößerungen anwendet, mehr als hinreichend. Undurchsichtige Objecte müßte man auf eine so viel wie möglich Licht absorbirende Oberfläche legen, wenn man den genannten Teller nicht anwenden wollte.

Uebrigens muß noch hinzugefügt werden, daß nicht eigentlich von dem falschen Bild etwas gesehen werden kann, sondern daß nur einige wenige Strahlen desselben ins Gesichtsfeld dringen, welche den Eindruck des Hauptbilds einigermaasen schwächen können. Bei starken Vergrößerungen, also bei kleinen Ocularen, wird das Gesichtsfeld immer rein seyn, wenn die Größe des Glastellers auf die be-

zeichnete Weise beschränkt wird, bei den schwächern Vergrößerungen aber nur der Rand des Sehfelds einige Trübung erleiden, während ein großer Theil der Mitte rein ist.

§. 21.

Das eben beschriebene Nebenbild ist nicht das einzige, sondern es muß auch noch ein zweites berücksichtigt werden. Wenn die gesammte vom Object ausgegangene Lichtmasse von der eigentlichen Spiegelfläche reflectirt wird und aus der Linse an deren Vorderfläche heraustritt, so findet ebenfalls eine Spiegelung Statt. Die Spiegelfläche reflectirt nämlich die Strahlen so, daß sie in einem um $b = 13.1765$ (§. 10) entfernten Punkt zusammenlaufen würden, aber ein Theil dieser Strahlen wird von der Vorderfläche der Linse, welche wie ein Convexspiegel von der Zerstreuungsweite $= \frac{1}{2} r = \pi = 12.25$ wirkt, auf die eigentliche Spiegelfläche wieder zurückgeworfen, so, als ob sie aus einem nach vorn gelegenen Punkt kämen, dessen Entfernung von der eigentlichen Spiegelfläche

$$= \triangle + \frac{12.25\,(13.1765 - \triangle)}{(13.1765 - \triangle) - 12.25} = 445''' \text{ ist.}$$

Diese Fläche reflectirt daher diese Strahlen nach einem nach vorn gelegenen Punkt in der Entfernung $\frac{8.75 \times 445}{445 - 8.75} = 8.916$, so daß also dieses Punkts Entfernung von der Vorderfläche der Spiegellinse $8.916 - \triangle = 8.336$ beträgt. Wenn diese Strahlen aus der Spiegellinse herauszutreten im Begriff sind, so wird zwar wieder ein Theil auf die eigentliche Spiegelfläche zurückgeworfen, allein es braucht derselbe wegen seiner ungemeinen Schwäche nun nicht weiter berücksichtigt zu werden; der Theil aber, wel-

cher aus der Linse heraustritt, wird gebrochen und in dem Punkt vereinigt, dessen Entfernung

$$= \frac{24.5 \times 8.36}{1.52 \times 24.5 - 0.52 \times 8.336} = 6.21.$$

Hier entsteht also ein Bild des Objecttellers, welches begreiflich kleiner seyn muß, als der letztere und da dieses Bild ziemlich genau auf den kleinen Spiegel fällt, so wird es von demselben ganz zurückgehalten, daß nichts in die Oculare gelangt, wenn diese auch noch so große Oeffnungen hätten.

§. 22.

Wir wollen am Schluß dieser Betrachtung nun noch die Resultate derselben zur Uebersicht hersetzen:

1) das Brechungsverhältniß = 1.52, sowohl für die Spiegellinse, als auch für das Correctionsglas.
2) Halbmesser der belegten converen Fläche der Spiegellinse = 17.5‴.
3) Halbmesser der hohlen offnen Fläche dieser Linse = 24.5‴.
4) Die Dicke dieser Linse = 0.58‴.
5) Abstand der Correctionslinse vom Spiegel = 10‴.
6) Der Halbmesser der nach dem Spiegel gekehrten (hohlen) Fläche dieser Linse = 10.28‴.
7) Der Halbmesser der andern converen Fläche = 207.04‴.
8) Die Brennweite dieser Linse = 20.8‴.
9) Die Länge des Rohrs von der Spiegellinse bis zum wirklichen Bild = 79.33‴.
10) Die Vergrößerungszahl des Bilds = 12.11.
11) Oeffnung der Spiegellinse = 6‴.
12) Oeffnung der Correctionslinse = 3.7‴
13) Abstand des Objects von der innern Wand des Rohrs = 1‴.

14) Kleiner Durchmesser des Planspiegels = 1.2.
15) Lichtverlust durch den kleinen Spiegel = 0.27.
16) Durchmesser der Blendung im Gesichtsfeld = 4‴.
17) Durchmesser der Oeffnung im Objectteller = 1.6‴.
18) Von dem Seitenloch in der Röhre ist zu bemerken, daß es nur klein zu seyn braucht und nicht über $\frac{3}{4}$‴ betragen sollte.

§. 23.

Wir wollen noch ein Paar andere Einrichtungen unsers Mikroscops, theils für stärkere, theils für schwächere Vergrößerungen beschreiben. Mit der vorigen Einrichtung würde man, vorausgesetzt, daß alle Theile mit der möglichsten Sorgfalt gearbeitet sind, leicht eine 400 bis 500 malige Vergrößerung erhalten können und somit für fast alle Absichten Befriedigung erhalten. Mit einem Ocular von $\frac{1}{5}$ Zoll Brennweite kann man aber auch wohl eine 1000fache Vergrößerung erhalten, wozu folgende Einrichtung dient.

1) Wir setzen β doppelt so groß als vorhin, also $\beta = 140$, ohne deshalb die Länge des Mikroscops vergrößern zu wollen, denn wir reduciren hernach β wieder auf die Länge von 70 Linien. Den Glasspiegel können wir so einrichten, daß $r = \frac{3}{2}R$ wird, welche Einrichtung zur Vermeidung der doppelten Bilder noch bequemer ist, als die vorige, aber auch nur bei kleinern Brechungsverhältnissen und größern Werthen von β zugelassen werden kann. Darum wollen wir auch $n = 1.515$ annehmen, welche Glassorte immer noch leicht zu haben ist. Die Glasdicke des Spiegels wollen wir

$\frac{1}{20}$ R und R selbst = 18‴ setzen, so daß $\Delta = 0.9$ wird.

2) Unter diesen Voraussetzungen erhält man nach §. 6:

$$\frac{1}{p} = 0.14364,\ p = 6.9621$$

$$\frac{1}{\alpha} = 0.14364 - \frac{1.15467}{a} + \frac{1.1882}{aa}.$$

$$\frac{dp}{p^2} = \frac{-0.75841\,dn}{R},\ \text{also}$$

$$dp = \frac{-p\,dn}{3.4090} = \frac{-p\,dn}{\zeta},$$

daher $\zeta = 3.4090$

$$\mu = \frac{\zeta}{\nu(n-1)} = 6.6194$$

$$\mu p = \frac{46.085}{\nu}.$$

Weiter finden wir:

$$\frac{d\alpha}{\alpha^2} = \frac{dp}{p^2}\left(1 + \frac{2\Delta p^2\,dn}{n^2\,a\,dp}\left[\frac{1}{a} - \frac{2}{r}\right]\right) = \frac{\nu\,dp}{p^2},$$

$$\text{also } \nu = 1 + \frac{1.3787}{a} - \frac{18.613}{aa}.$$

3) Mit dem Werth von $\mu p = 46$ bestimmen wir nun nach §. 8 und 9, wie groß höchstens e seyn darf; wir finden da höchstens $e = 10.7$, daher wir $e = 9$ setzen wollen.

Hiernach finden wir nun $\alpha = 26.6$. Wenn wir nun in der unter №. 2 aufgeführten Gleichung für $\frac{1}{\alpha}$, a mit α und α mit a vertauschen, so finden wir a, nämlich

$$\frac{1}{a} = 0.14364 - \frac{1.15467}{\alpha} + \frac{1.1882}{aa},$$

also $a = 9.8$.

4) Mit diesem Werth von a berechnen wir ν, welches = 0.9469 gefunden wird und daher das verbesserte $\mu p = \frac{46.085}{0.9409} = 48.669$. Berechnen wir mit diesem Werth von μp wiederum das α, so ergibt sich $\alpha = 28.71$, welchen Werth wir nun in der Folge ohne Gefahr, daß β viel von 140 abweichen werde, beibehalten können.

5) Nachdem berechnen wir nun den Gang des Strahls bei jeder einzelnen Brechung genau, indem wir uns der Formeln des §. 10 bedienen. Wir finden da:

$K = 28.10493$; $K + \Delta = 29.00493$
$b = 13.04900$ $b - \Delta = 12.14900$
$a = 9.467227$.

Ferner wenn wir $dn = \frac{1}{100}$, also $n' = 1.525$ setzen:

$K' = 12.19298$, $K' + \Delta = 13.09298$
$b' = 28.79000$, $b' - \Delta = 27.89000$
$\alpha' = 28.38115$

und demnach ist nun die Farbenabweichung von $\alpha = \alpha' - \alpha = d\alpha = -0.32885$.

6) Hieraus findet sich nun nach §. 10:

$$q = 22.938,$$

wofür wir $q = 22.94$ setzen. Daraus ergibt sich:

$$\beta = 139.983,$$

wofür wir ebenfalls das nahe kommende $\beta = 140$ setzen wollen.

Nach §. 11 findet man dann den wahren Halbmesser des von $d\alpha^2$ herrührenden Abweichungskreises $= \frac{z}{506}$, welcher bei dem mäßigen Oeffnungs-

durchmesser z der Correctionslinse immer noch erträglich seyn wird, wenn man auch ein Ocular von $\frac{1}{5}$ Zoll Brennweite gebraucht.

7) Ehe wir zur Berechnung der Halbmesser der Correctionslinse schreiten, wollen wir nach §. 16 die Vergrößerungszahl m des Bilds berechnen; es ist nämlich:

$$m = \frac{\left(\alpha + \frac{2\triangle}{n}\right)\beta}{a(\alpha - e)}\left[1 + \frac{2\triangle}{R} - \frac{2(n-1)\triangle}{nr}\right].$$

Wir finden da $\frac{2\triangle}{n} = 1.19$, $1 + \frac{2\triangle}{R} - \frac{2(n-1)}{nr}\triangle = 1.0774$, folglich $m = 23.9$ und es läßt sich also mit einem Ocular von $\frac{1}{5}$ Zoll Brennweite eine 956malige Vergrößerung erzeugen, wozu ein einfacher Spiegel von 5.62‴ Brennweite, oder vielmehr, da wir β auf 70‴ reduciren, von nur 28‴ Brennweite gehören würde.

8) Um die Kugelabweichung des Spiegels zu finden und nachher durch das Correctionsglas sie zu vernichten, setzen wir den Winkel φ des §. 12 ebenfalls wie dort $= 15^0$. Um auch die einzelnen, während der ganzen Rechnung sich ergebenden Resultate zu haben, wollen wir dieselbe vollständig hersetzen:

$$\begin{aligned}
\log \sin \varphi &= 9.4129962 \\
\log (r-a) &= 1.2438506 \\
& \quad 10.6568468 \\
\log r &= 1.4313638 \\
\log \sin \psi &= 9.2254830 \\
\log n &= 0.1804126 \\
\log \sin \omega &= 9.0450704 \\
\log r &= 1.4313638 \\
& \quad 10.4764342 \\
\log \sin \varphi' &= 9.3068129 \\
\log N &= 1.1696213
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\varphi &= 15^{0} \\
\omega &= 6^{0}\ 22'\ 9''.28 \\
& \quad 21^{0}\ 22'\ 9''.28 \\
\psi &= 9^{0}\ 40'\ 31''.67 \\
\varphi'' &= 11^{0}\ 41'\ 37''.61
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
r &= 27 \\
N &= 14.77819 \\
k &= 12.22181 \\
\triangle &= 0.9 \\
k' &= 13.12181 \\
R &= 18 \\
R-k' &= 4.87819
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\log \sin \varphi' &= 9.3068129 \\
\log (R-k') &= 0.6882587 \\
& \quad 9.9950716 \\
\log R &= 1.2552725 \\
\log \sin \lambda &= 8.7397991 \\
\log R &= 1.2552725 \\
& \quad 9.9950716 \\
\log \sin \varphi'' &= 8.9733270 \\
\log N &= 1.0217446
\end{aligned}$$

$$\lambda = 3^{0}\ 8'\ 55''.56$$
$$2\lambda = 6^{0}\ 17'\ 51''.12$$
$$\varphi' = 11^{0}\ 41'\ 37\ .61$$
$$\varphi'' = 5^{0}\ 23'\ 46''.49$$

$$N = 10.51343$$
$$R = 18$$
$$b = 28.51343$$
$$\triangle = 0.9$$
$$b' = 27.61343$$
$$r = 27$$
$$r - b' = -0.61343$$

$$\log \sin \varphi'' = 8.9733270$$
$$\log (r - b') = 0.7877650^{n} - 1$$
$$8.7610920^{n}$$
$$\log r = 1.4313638$$
$$\log \sin \psi'' = 7.3297282^{n}$$
$$\log n = 0.1804126$$
$$\log \omega'' = 7.5101408^{n}$$
$$\log r = 1.4313638$$
$$8.9415046^{n}$$
$$\log \sin \varphi''' = 8.9478843$$
$$\log N = 0.9936203^{n} - 1$$

$$\varphi'' = 5^{0}\ 23'\ 46''.49$$
$$+\omega'' = -11'\ 7''.68$$
$$5^{0}\ 12'\ 38''.81$$
$$-\psi = +\ 7'\ 20''.71$$
$$\varphi''' = 5^{0}\ 5'\ 18''.10$$

$$N = -0.98542$$
$$r = 27$$
$$\alpha' = 27.98542$$
$$\alpha = 28.71$$
$$\alpha' - \alpha = -0.72458 = w.$$

Es beträgt also die Abweichung wegen der Kugelgestalt $w = -0.72458$, wofür wir 0.7246 setzen wollen.

Hier berechnen wir noch durch die Gleichung:

$$x = (a' - c)\, tg\, \varphi'''$$

die halbe Oeffnung x der Correctionslinse, wobei wir auch gelegentlich durch die Formel $2a\, tg\, \varphi$ die Oeffnung des Spiegels bestimmen können. Man findet

$$x = 1.6905$$

und die Oeffnung des Glasspiegels = 5.0734.

9) Aus der Tafel des §. 13 nehmen wir die Werthe von $\mu, \nu, \varrho, \sigma, \tau$ für $n = 1.515$ und berechnen damit λ nach §. 14, nämlich

$$\frac{\lambda}{\sqrt{\lambda - 1}} = 7.7055$$

$$\frac{\tau\sqrt{\lambda - 1}}{q} = 2.3589$$

$$\frac{\varrho}{\beta} = 0.10625$$

$$\frac{\sigma}{\alpha - e} = 0.001824$$

$$\frac{\varrho}{\alpha - e} = 0.085558$$

$$\frac{\sigma}{\beta} = 0.012956$$

$$\frac{\sigma}{\beta} = 0.012047$$

und hiernach

$$\frac{1}{f} = +0.02252$$

$$\frac{1}{g} = -0.10716,$$

also $f = 44.40$ für eine convexe Fläche,
$g = 9.33$ für eine hohle Fläche.

10) Da wegen der starken Vergrößerung diese Vorrichtung doch nur zu durchsichtigen Objecten dient, so darf man in §. 18 y so klein nehmen, als es nur angeht; wir wollen also $y = 1$ und die halbe Oeffnung des Spiegels $x = 3$ setzen. Denn obschon x nicht viel größer als $2\frac{1}{2}$ gefunden wird, wenn $\varphi = 15^{o}$, so kann man es ohne Bedenken etwas größer nehmen. Unter dieser Voraussetzung nun finden wir den kleinen Durchmesser des Planspiegels

$$ef = \frac{2(x + y)x}{a} = 2.53,$$

wobei 0.272 Theile vom großen Spiegel verloren gehen.

11) Nun könnte man durch die Rechnung noch ermitteln, wie groß der Durchmesser des Objecttellers, so weit er transparent ist, seyn dürfe, damit kein von der Vorderfläche des Glasspiegels ausgehendes Licht in die Oculare komme, allein man bestimmt diese Größe am besten durch Versuche erst dann, wenn das Instrument ganz zusammengesetzt ist, wobei sich ergeben wird, daß man ohne Schaden der Deutlichkeit einen weit größern Objectteller anwenden dürfe, als ihn die Rechnung des §. 20 gibt.

12) Wenn wir nun die Resultate unserer Rechnung zusammenstellen und dieselben zugleich so reduciren, daß $\beta = 70$ wird, so ergibt sich:

1) das Brechungsverhältniß des Glases = 1.515.
2) Halbmesser der belegten convexen Fläche der Spiegellinse = 9‴.
3) Halbmesser der hohlen offnen Fläche dieser Linse = 13.5‴.
4) Die Dicke dieser Linse = 0.45‴.
5) Abstand der Correctionslinse vom Spiegel = 4.5‴.
6) Der Halbmesser der nach dem Spiegel gekehrten (hohlen) Fläche dieser Linse = 4.67‴.

7) Der Halbmesser der andern converen Fläche $= 22.20'''$.
8) Die Brennweite dieser Linse $= 11.47'''$.
9) Die Länge des Rohrs von der Spiegellinse bis zum wirklichen Bild $= 74.5'''$.
10) Die Vergrößerungszahl des Bilds $= 23.9$.
11) Oeffnung der Spiegellinse $= 3'''$.
12) Oeffnung der Correctionslinse $= 2.1'''$
13) Kleiner Durchmesser des Planspiegels $= 1.26'''$.
14) Abstand desselben vom Objectivspiegel $= 2.78'''$.
15) Lichtverlust durch den kleinen Spiegel $= 0.272$.

§. 24.

1) Um ein Objectiv für schwächere Vergrößerungen zu erhalten, müssen wir dafür sorgen, daß das Glas so wenig lichtbrechend sey, als nur immer möglich und wir wollen daher den Werth von $n = 1.515$ auch hier beibehalten und dann muß man wenigstens $r = \frac{7}{5} R$ nehmen, wie im ersten Beispiel. Die Dicke der Spiegellinse $\triangle$ nehmen wir zu $\frac{1}{30} R$ und R selbst $= 18'''$. Unter dieser Voraussetzung wird:

$$\frac{1}{p} = 0.13629, \quad p = 7.3374$$

$$\frac{1}{\alpha} = 0.13629 - \frac{1.10096}{a} + \frac{0.7921}{aa}.$$

$$\frac{dp}{p^2} = -0.0349288\, dn, \quad dp = \frac{-p\, dn}{5.9019}$$

$$\nu = 1 + \frac{1.1880}{a} - \frac{14.969}{aa}$$

$$\zeta = 7.5765$$

$$\frac{\mu p}{\nu} = \frac{55.529}{\nu}.$$

2) Wir müssen nun die Correctionslinse so nah an den Spiegel anrücken, als nur immer möglich, d. h. wir müssen e so klein nehmen als möglich, damit α im Vergleich zu a so groß als möglich werde. Wenn wir nun $e = 8$ und $\beta = 50$ setzen und für μp einstweilen 56 annehmen, so ergibt sich nahe

$$\alpha = 25.1.$$

Wir wollen aber $\alpha = 25$ setzen und ohne weitere Rechnung den Werth für die Folge beibehalten.

3) Nach §. 10 hat man dann, weil $\triangle = \frac{1}{50} R = 0.6$:

$K = 25.06762$; $K + \triangle = 25.66762$
$b = 13.85972$ $b - \triangle = 13.25972$
$a = 10.65879.$

Ferner wenn man $n' = n + \frac{1}{100} = 1.525$ setzt:

$K' = 13.30104$, $K' + \triangle = 13.90104$
$b' = 25.52710$, $b' - \triangle = 24,92710$
$\alpha' = 24.786,$

also die Farbenzerstreuung $= d\alpha = \alpha' - \alpha = -0.214.$

Ferner ergibt sich nach demselben §.:

$$q = 26.222$$
$$\beta = 48.338.$$

4) Nach §. 16 findet man $m = 7.23$, also daß das Bild 7.23 Mal größer ist, als das Object.

5) Die Rechnung für die Kugelabweichung des Spiegels wird ebenfalls unter der Voraussetzung geführt, daß $\varphi = 15^0$; sie ist folgende:

$$
\begin{aligned}
\log (r-a) &= 1.1626004 \\
\log \sin \varphi &= 9.4129962 \\
& \quad 10.5755966 \\
\log r &= 1.4014005 \\
\log \sin \psi &= 9.1741961 \\
\log n &= 0.1804126 \\
\log \sin \omega &= 8.9937835 \\
\log r &= 1.4014005 \\
& \quad 10.3951840 \\
\log \sin \varphi' &= 9.3203058 \\
\log N &= 1.0748782
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\varphi &= 15^{\circ} \\
\omega &= 5^{\circ}\ 39'\ 26''.41 \\
& \quad 20^{\circ}\ 39'\ 26''.41 \\
\psi &= 8^{\circ}\ 35'\ 20.''69 \\
\varphi' &= 12^{\circ}\ 4'\ 5''.72
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
r &= 25.2 \\
N &= 11.88170 \\
k &= 13.31830 \\
\triangle &= 0.6 \\
k' &= 13.91830 \\
R &= 18 \\
R-k' &= 4.0817
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\log \sin \varphi' &= 9.3203058 \\
\log (k'-R) &= 0.6108411 \\
& \quad 9.9311469 \\
\log R &= 1.2552725 \\
\log \sin \lambda &= 8.6758744 \\
\log R &= 1.2552725 \\
& \quad 9.9311469 \\
\log \sin \varphi'' &= 9.0626415 \\
\log N &= 0.8685054
\end{aligned}
$$

$\lambda = 2^0\ 43'\ 2''.78$
$2\lambda = 5^0\ 26'\ 5''.56$
$\varphi' = 12^0\ 4'\ 5''.72$
$\varphi'' = 6^0\ 38'\ 0''.16$

$N = 7.387633$
$R = 18$
$b = 25.387633$
$b' = b - \Delta = 24.787633$
$r = 25.2$
$r - b' = +0.412367$

$\log \sin \varphi'' = 9.0626415$
$\log (r - b') = 0.6152839$
8.6779254
$\log r = 1.4013055$
$\log \sin \psi'' = 7.2765199$
$\log n = 0.1804126$
$\log \sin \omega'' = 7.4569325$
$\log r = 1.4014055$
8.8583380
$\log \sin \varphi''' = 9.0662614$
$\log N = 0.7920766 - 1$

$\varphi'' = 6^0\ 38'\ 0''.16$
$\omega'' = 9'\ 50''.69$
$6^0\ 47'\ 50''.85$
$\psi'' = 6'\ 29''.89$
$\varphi''' = 6^0\ 41'\ 20''.96$

$r = 25.2$
$N = 0.61955$ subtr.
$\alpha' = 24.58045$
$\alpha = 25$
Abweichung $w = 0.41955.$

6) Die halbe Oeffnung der Correctionslinse oder x (§. 13 und 14) findet sich $= (a' - c)\ tg\ \varphi'''$ $= 1.9446$ und sodann

$$\frac{\lambda}{q} = 6.9100$$

$$\frac{\tau\sqrt{\lambda - 1}}{q} = 0.087267$$

$$\frac{\sigma}{\alpha - c} = 0.099198$$

$$\frac{\sigma}{\beta} = 0.034887$$

$$\frac{\varrho}{\alpha - c} = 0.015022$$

$$\frac{\varrho}{\beta} = 0.005283$$

folglich $f = -150.42$

$g = -14.84.$

Das Correctionsglas wird also hier auf beiden Seiten hohl.

7) Man könnte nun ohne Schaden der Deutlichkeit die halbe Oeffnung des Glasspiegels, oder das, was wir in §. 18 x genannt haben, 3 Linien und noch drüber nehmen, allein wenn wir, um undurchsichtige Objecte bequem zu erleuchten, den Abstand des Objects vom Rohr oder y groß haben wollen, so müssen wir x klein nehmen. Man setze also $x = 2$ und $y = 2$, so ergibt sich der kleine Durchmesser vom kleinen Spiegel, oder $ef = \frac{2(x+y)x}{a} = \frac{16}{10.66} = 1.5$ und der Abstand desselben von der Spiegellinse $= 6.66$, ferner die Lichtzurückhaltung $= 0.262$ beinahe.

8) Alle hier vorkommenden Maase reduciren wir nun auf die Länge von $\beta = 70'''$. Da nun $\beta = 48{,}338$ genommen worden, so multipliciren wir alle

Maaſe mit dem Faktor $\frac{70}{48.338} = 1.4482$. Da es hierbei auf eine geringe Aenderung der Länge des Mikroscops nicht ankommt, ſo wollen wir den Reductionsfaktor zur Erleichterung der Rechnung = 1.5 annehmen und wir erhalten daher folgende Einrichtung des Mikroscops:

1) Das Brechungsverhältniß für Spiegel und Hohllinſe = 1,515.
2) Halbmeſſer der belegten (convexen) Fläche des Spiegels = 27‴.
3) Halbmeſſer der offnen (hohlen) Fläche = 87.8‴.
4) Die Dicke der Spiegellinſe = 0.9‴.
5) Abſtand der Correctionslinſe vom Spiegel = 12‴.
6) Halbmeſſer der nach dem Spiegel gekehrten (hohlen) Fläche dieſer Linſe = 22.26‴.
7) Halbmeſſer der andern (hohlen) Fläche = 225.63‴.
8) Die Brennweite dieſer Linſe = 39.33‴.
9) Die Länge des Rohrs von der Correctionslinſe bis zum wirklichen Bild = 72.51‴.
10) Vergrößerungszahl des Bilds = 7.23.
11) Oeffnung der Spiegellinſe = 6‴.
12) Oeffnung der Correctionslinſe = 4.40‴.
13) Abſtand des Objects von der innern Wand des Rohrs = 3‴.
14) Kleiner Durchmeſſer des Planſpiegels = 2.25‴.
15) Lichtverluſt durch den kleinen Spiegel = 0.262.
16) Abſtand des kleinen Spiegels von der Spiegellinſe = 9.99‴.

§. 25.

Einen Zweifel dürfen wir uns jedoch auf keinen Fall hier verſchweigen, nämlich den, ob bei der Einrichtung des vorigen §. wirklich die Strahlen der Nebenbilder aus dem Geſichtsfeld genügend entfernt werden, zumal wenn man nicht gern den Objectteller auf

eine geringe Größe einschränken wollte. Hierauf muß nachträglich zu §. 19 erwiedert werden, daß das gefährlichste von allen Nebenbildern, das nämlich, welches von der hohlen Vorderfläche des Glasspiegels herrührt, selbst dann nicht schädlich werden könnte, wenn ihm der kleine Spiegel nicht entgegenstünde. Jenes Licht nämlich kann mit keiner größern Intensität in die Oculare gelangen, als es etwa bei dem an den Brechungsflächen achromatischer Objective reflectirten Licht der Fall ist.

Um dieses zu zeigen, stellen wir folgende Betrachtung an, wobei wir das Beispiel des §. 23 zu Grunde legen und darin die Zahlen wählen wollen, welche in №. 8 aufgeführt sind. Wir wissen, daß die Vorderfläche des Glasspiegels wie ein Hohlspiegel von der Brennweite $\frac{1}{2}r = 18.9$ wirkt und demgemäß von dem in der Entfernung $a = 15.99 = 16$ stehenden Object ein Scheinbild entwirft, welches in der Entfernung

$$\frac{18.9 \times 16}{18.9 - 16} = \frac{189 \times 16}{29} = 104$$

hinter dem Objectivspiegel liegt und folglich auch um $104 + e = 116$ vom Correctionsglas absteht. Von jedem Punkt des Scheinbilds verbreiten sich nun Strahlen nach allen Richtungen, die durch die Oberfläche des Objectivspiegels gezogen werden und vertheilen sich am Correctionsglas in einen Kreis, dessen Durchmesser $\frac{116}{104} = \frac{29}{26}$ von dem des Objectivspiegels beträgt. Da nun aber die Oeffnung der Correctionslinse nur $\frac{44}{60}$ oder $\frac{11}{15}$ von der des Spiegels ausmacht, so beträgt sie auch vom Durchmesser des genannten Kreises nur $\frac{26 \cdot 11}{29 \cdot 15}$ und läßt daher

nur $\left(\frac{26 \cdot 11}{29 \cdot 15}\right)^2$, d. h. nur 0.34 von dem falschen Licht durch.

Das eben beschriebene von der Vorderfläche des Glasspiegels entstehende Nebenbild wird nun durch das Hohlglas gleichsam näher herangezogen und aus der Entfernung 116 in die Entfernung

$$\frac{116 \times 39.33}{116 + 39.33} = 29.47$$

gerückt, so daß der Abstand des neuen Scheinbilds vom wirklichen Bild oder von der Blendung im Gesichtsfeld $29.47 + \beta = 102$ beträgt. Nennen wir also die Oeffnung der Correctionslinse $2x$, so zertheilen sich die durch diese Linse aus der Entfernung 29.47 kommenden Strahlen im Gesichtsfeld in einen Kreis vom Durchmesser $\frac{102}{29.57} \times 2x = 15.23$, da $2x = 4.4$. Nehmen wir also die Oeffnung des Oculars nur halb so groß $= 7.61$, so geht nur der vierte Theil von jenen Strahlen ins Auge und da nun das Gesammtlicht des Nebenbilds schon bis auf 0.34 geschwächt war, so bleiben uns nur noch 0.34 $\times \frac{1}{4} = 0.085$ desselben.

So groß wäre aber die Menge des falschen Lichts nur bei einem so schwach vergrößernden einfachen Ocular von etwa 15 Linien Brennweite; bei stärker vergrößernden Ocularen, also bei geringern Oeffnungen derselben, ist sie weit geringer. Auch ist sie deshalb noch etwas zu groß gefunden worden, weil wir bei der vorigen Betrachtung das Ocular in den Ort des wirklichen Bilds gesetzt haben, da es doch um seine Brennweite weiter hinausgerückt werden sollte, wodurch die fragliche Lichtmenge um ein Merkliches geringer werden würde.

Aber der kleine Spiegel verursacht, daß von den in der Axe liegenden Punkten des Nebenbilds gar nichts in das Gesichtsfeld treten kann und nur nach dem Rand hin zeigt sich allmälig in nur geringer Menge falsches Licht und hieraus geht zur Genüge hervor, wie wenig die Vorderseite des Glasspiegels schadet. Ich halte es daher für unnöthig, diese Sache noch länger und langweiliger zu machen und füge nur noch hinzu, daß solche Doppeloculare, wo das Bild zwischen beide Linsen fällt, zur Abhaltung des schädlichen Lichts am geeignetsten sind. Hier nämlich vereinigt die erste Ocularlinse die schädlichen Strahlen zu einem wirklichen Bild, welches nahe auf die zweite Linse fällt und von wo aus die Strahlen sehr stark divergiren, so daß sie durch einen Oculardeckel, der nur eben die rechte Oeffnung hat, sämmtlich vom Auge abgehalten werden können.

§ 26.

Nach dieser Betrachtung wird es nun wohl erlaubt seyn, eine Vergleichung unsers Mikroscops mit andern Instrumenten der Art anzustellen und diese Vergleichung wird sich beziehen müssen auf die Deutlichkeit, Lichtstärke, Vergrößrung, Gesichtsfeld, Bequemlichkeit des Gebrauchs und endlich auf Leichtigkeit der Ausführung. In diesen Rücksichten wollen wir nun unser Instrument zuerst mit den gewöhnlichen Spiegelmikroscopen vergleichen.

Was nun fürs erste die Deutlichkeit anlangt, welche eine Folge von der gut aufgehobenen Abweichung wegen der Kugelgestalt ist, so begreift man leicht, daß ein sphärischer Spiegel nimmermehr in der Weise angewendet werden kann, daß seine Oeffnung $= \frac{1}{2}a$ und drüber, d. h. so groß als die

halbe Entfernung des Objects und größer werden kann, wenn das Bild nicht ganz verworren aussehen soll. Dies brauche ich nicht erst durch die Rechnung darzuthun. Man vergleiche nur die Theorie der dioptrischen Mikroscope mit einfachen Linsen und vergrößere die Oeffnungen derselben nach Maasgabe der kleinern Abweichung des Spiegels, so wird sich ein trauriges Resultat ergeben. Es könnte demnach unserm Glasspiegel höchstens der elliptische Metallspiegel an die Seite gesetzt werden, allein was man auch immer sagen mag, so ist es doch kaum denklich, daß bei einer so großen Oeffnung eine solche Form mit Genauigkeit erhalten werden könne, abgesehen davon, daß die Bearbeitung so äußerst mühsam seyn mag. In England sollen zwar solche Spiegel verfertigt worden seyn, deren Oeffnung sogar ihrer Brennweite gleichkommt, es ist mir aber von ihrer Wirkung zu wenig bekannt geworden und man würde gewiß mehr davon erfahren haben, wenn sie im Bezug auf Deutlichkeit so vorzüglich gewesen wären. Unser Spiegel verträgt eine Oeffnung von mehr als $\frac{1}{2}$ a, ohne daß größere Brechungswinkel vorkämen, als etwa 15° und somit kann die hierdurch erreichbare Deutlichkeit mit der der Fernröhre wetteifern, ein Umstand, der meines Wissens bei Mikroscopen noch nie eingetreten ist. Es scheint mir aber eine Oeffnung = $\frac{1}{2}$ a den Anfordrungen, die man an ein optisches Instrument machen kann, vollkommen zu genügen.

Ob die Rechnung, die ich oben für die Vernichtung der Kugelabweichung gegeben habe, vollkommen genügend ist, ob sich vielmehr nicht noch größere Genauigkeit erhalten lasse, solche nämlich, die auch bei der Kleinheit der hier vorkommenden Dimensionen noch realisirbar sey, weiß ich nicht, doch ist so viel gewiß, daß das Resultat nicht schlecht seyn

könne, wie ich auch durch die Erfahrung an einem einstweilen nur oberflächlich verfertigten Instrument der Art gefunden habe.

Die Lichtstärke scheint bei unserm Mikroscop beim ersten Anblick etwas geringer zu seyn, als bei andern Spiegelmikroscopen, allein man wird bald finden, daß ein sorgfältig bereiteter Glasspiegel nicht so viel Licht verschluckt, als ein metallener. Ich habe zwar hierüber keine entscheidenden Versuche angestellt, allein wenn man dem Augenschein nur einigermaasen trauen darf, so glaube ich Recht zu haben, denn ich konnte an den Bildern, die ein solches Spiegelchen und eine Linse von gleicher Oeffnung und Brennweite machten, keinen bedeutenden Unterschied ihrer Lebhaftigkeit bemerken, obschon die Spiegellinse lange noch nicht den hohen Grad der Politur hatte, den sie hätte haben können. — Die Lichtstärke ist gewiß auch eine Funktion der Deutlichkeit, obschon wir nicht wissen wie, wegen der Unvollkommenheit der Formeln, aber in dieser Hinsicht dürfte unser Glasspiegel leicht alles wieder einbringen, was beim Durchgang durch die Spiegellinse und das Correctionsglas an Licht verloren geht. Wenn nun eben dieser Deutlichkeit halber beim einfachen Spiegel die Oeffnung lange noch nicht $\frac{1}{2}$ a seyn darf, so wird auch der größere Lichtverlust, der bei unserm Mikroscop durch den den reflectirten Strahlen entgegenstehenden Planspiegel entsteht, ohne Bedeutung seyn und man kann daher, wenn man zugleich auf Deutlichkeit sieht, auch im Bezug auf Lichtstärke den gewöhnlichen Spiegelmikroscopen das unsrige wenigstens gleich setzen.

Das Gesichtsfeld braucht bei unserm Mikroscop nicht kleiner zu seyn, als bei andern Spiegelmikroscopen und was die Bequemlichkeit des Gebrauchs an-

langt, so sehe ich keinen Grund, warum es nachstehen sollte.

Was endlich die Schwierigkeit der Ausführung anlangt, so hat das unsrige mit andern Spiegelmikroscopen die Schwierigkeit, die der Planspiegel etwa darbietet, gemein. Diese Schwierigkeit betrifft blos die Ausarbeitung der Planfläche, nicht die Stellung im Rohr, welche letztere so haarscharf nicht zu seyn braucht, da man schon das Object so rücken kann, daß die Bilder richtig dem Objectivspiegel zugeworfen werden. Daß aber ein Künstler lieber die beiden sphärischen Linsen unsers Mikroscops, als einen elliptischen Spiegel ausarbeiten wird, darüber braucht wohl kein Beweis geführt zu werden, zumal da diese Linsen noch hinreichend große Krümmungshalbmesser haben, um bequem und sicher gestaltet werden zu können.

Die Stellung des großen Spiegels erfordert bei unserm Mikroscop die größte Vorsicht. Derselbe muß erstlich in den richtigen Abstand von der Correctionslinse gebracht und dann auch richtig centrirt werden. Der ersten Bedingung kann leicht durch Verschieben zweier Hülsen in einander, der zweiten durch Stellschrauben Genüge geschehen.

§. 27.

Die theoretischen Betrachtungen scheinen unserm Mikroscop einen entschiedenen Vorzug vor den dioptrischen und aplanatischen Objectiven zuzusprechen. Im Bezug auf Farblosigkeit der Bilder hat es sicherlich einen Vorzug, denn wenn auch ein secundäres Spectrum, das nach §. 11 von $d\alpha^2$ abhängt, noch übrig ist, so ist es doch sehr gering, sowohl in Hinsicht seiner Größe, als auch seiner Intensität und wohl lange nicht so bedeutend, als das von den un-

gleichförmigen Zerstreuungen des Kron- und Flintglases abhängige secundäre Spectrum der Doppelobjective. Wenn sich aber auch die letztern gänzlich beseitigen ließen, so bleibt doch noch der bei weitem wichtigere Einfluß der Kugelabweichung übrig und es fragt sich nun, ob in dieser Hinsicht die dioptrischen Doppelobjective unserm Glasspiegel gleichkommen werden.

Eine mathematische Theorie ist meines Wissens, ausgenommen von Euler, von achromatischen Linsen zu Mikroscopen vollständig noch nicht gegeben worden, obschon dieses wegen den bei Mikroscopen eintretenden besondern Rücksichten höchst nöthig wäre. Littrow sagt, daß man im Allgemeinen die Ergebnisse der Rechnung für Doppelobjective der Fernröhre auch für Mikroscope beibehalten könne und in seiner Dioptrik (S. 131) findet er nach seiner Rechnungsmethode folgende Dimensionen eines solchen Objectivs, dessen Brennweite wir als Einheit annehmen:

Vorderer Halbmesser der Kronglaslinse = 0.460 conver.

Hinterer Halbmesser derselben = 0.460 conver.

Vorderer Halbmesser der Kronglaslinse = 0.453 hohl.

Hinterer Halbmesser derselben = 33.030 conver.

Die Glasarten, welche dieser Rechnung zu Grunde liegen, sind so gewählt, daß sie für die Construction eines Doppelobjectivs höchst vortheilhaft erscheinen, das Brechungsverhältniß des Kronglases ist = 1.53, das des Flintglases = 1.60 und das Verhältniß der Zerstreuungen beider Glasarten wird durch 0.50 ausgedrückt, nämlich das Kronglas zerstreut die Strahlen nur halb so stark, als das Flintglas. — Bei mikroscopischem Gebrauch muß nun die Flintglaslinse gegen das Object gekehrt werden.

Aus ihren beiden Halbmessern findet sich nun die Brennweite der Flintglaslinse = 0.745.

Es sey nun A (Fig. 6) die Flintglaslinse, B die Kronglaslinse und X ein in der Entfernung X C = a stehendes Object. Wollen wir, daß das Bild Y acht Mal größer seyn soll, als das Object, so muß auch die Bildsweite C Y acht Mal größer seyn, als X C, nämlich C Y = 8 • a. Da nun die Brennweite des Doppelobjectivs = 1 genommen wurde, so ist bekanntlich:

$$\frac{a}{a-1} = 8a,$$

woraus folgt $a = \frac{9}{8} = 1.125.$

Hiernach kann man nun auch, da man die Brennweite und die Entfernung X C für das Glas A kennt, die Zerstreuungsweite Z C für die aus X kommenden Strahlen berechnen, nämlich C Z $= \frac{0.745 \times 1.125}{0.745 + 1.125} = 0.448.$

Jetzt wollen wir aus dem Zerstreuungspunkt Z nach dem Rand der Kronglaslinse einen Strahl Z D und nach dem Einfallspunkt D den Halbmesser oder das Einfallsloth K D E ziehen und den so gebildeten Einfallswinkel Z D E bestimmen, welcher von allen Winkeln, die der an den vier verschiedenen Flächen gebrochene Strahl mit seinen Lothen macht, der größte seyn wird. Es ist aber

$$ZDE = Z + K$$

$$\sin Z = \frac{DL}{ZD}$$

$$\sin K = \frac{DL}{KD}.$$

Für Z D wollen wir aber, weil hier eine oberflächliche Annäherung genügt, das oben gefun-

dene Z C setzen, es aber um etwa 0.01 vergrößern, so daß Z D = 0.458; K D ist der Krümmungshalbmesser beider Flächen der Kronglaslinse = 0.460, so daß

$$\sin Z = \frac{DL}{0.458} = 2.183 \times DL$$

$$\sin K = \frac{DL}{0.460} = 2.174 \times DL.$$

Wenn wir nun die Oeffnung des Objectivs $= \frac{1}{2}$ a nehmen wollten, so würde $DL = \frac{1}{4}a = 0.281$ und daher

$$\sin Z = 0.613,\ Z = 37^0\ 49'$$
$$\sin K = 0.611,\ K = 37^0\ 39',$$

also Z + K = Z D E = 70° 28, ein Winkel, dessen Sinus = 0.968 werden würde. Bei so großen Brechungswinkeln würde man aber nur höchst verworrene Bilder erhalten und es würde nicht schwer seyn, zu beweisen, daß man die Oeffnung des Objectivs höchstens $= \frac{1}{5}$ a nehmen dürfe, wenn es mit der Deutlichkeit unsers Glasspiegels gleichen Schritt halten sollte. Wir wollen indessen diese Oeffnung zu $\frac{1}{4}$ a annehmen, wie Euler es bei seinem dreifachen Objectiv für Mikroscope gethan hat, obschon ein Doppelobjectiv so große Oeffnungen nicht zuläßt. — Wir wissen sehr wohl, daß diese Schlüsse nicht zu einem scharfen Resultat führen, weil die Kugelabweichung des zu Grund gelegten Objectivs nicht für den Fall gehoben ist, daß die Bildsweite = 8 a wird, indessen würde das Resultat bei genauer Rechnung im Wesentlichen doch nicht anders werden, die Oeffnung vielleicht gar noch kleiner ausfallen, als $\frac{1}{4}$ a. Uebrigens muß hinzugefügt werden, daß die zu Grund gelegten Glasarten schon vorzüglich große Oeffnungen gestatten.

Wenn wir nun die Oeffnung des eben beschriebenen Objectivs $= \frac{1}{4}a$, also $DL = \frac{1}{8}a = 0.1406$ setzen, so wird

$$\sin Z = 0.307,\quad Z = 17^\circ\ 53'$$
$$\sin K = 0.305,\quad K = 17^\circ\ 46',$$

also $ZDE = 35^\circ\ 39'$, mithin immer noch sehr groß und der Sinus dieses Winkels $= 0.583$.

Bei unserer Zusammenordnung des Glasspiegels mit der Correctionslinse ist der Winkel ψ''' des §. 15, d. h. derjenige, welchen der vom Glasspiegel zurückgehende Randstrahl mit dem Halbmesser der hohlen Fläche der Correctionslinse bildet, der größte und er beträgt bei einer Oeffnung des Spiegels $= \frac{1}{2}a$ kaum 15°, welche Brechung man bei Objectiven der Fernröhre noch als die größte zuläßt. Unser Mikroscop wird also in Hinsicht auf Deutlichkeit bei sehr großen Oeffnungen den Telescopen nichts nachgeben, ein Vorzug, der meines Wissens bei Mikroscopen noch nie erreicht worden ist. — Darf aber der Winkel ψ''', ohne dem Mikroscop zu schaden, weit größer werden, z. B. bis auf 30° gehen, so werden wir die Oeffnung des Glasspiegels auch $= a$ nehmen dürfen, doch würde diese große Oeffnung andere Unbequemlichkeiten herbeiführen, so daß man bei der Oeffnung $\frac{1}{2}a$ am liebsten stehen bleiben wird.

Man kann also mit dem größten Recht behaupten, daß, wenn sonst die Rechnungsmethoden vollkommner gemacht werden, als ich sie in den vorhergehenden §. §. gegeben habe, unser Mikroscop mit dem Glasspiegel und der Correctionslinse alle andern in Hinsicht auf Deutlichkeit, so fern sie von der vernichteten Kugelabweichung abhängt, weit hinter sich lassen wird.

§. 28.

Wir dürfen bei dieser Betrachtung einen Umstand nicht außer Acht lassen, den nämlich, daß von jedem Strahlenkegel oder Strahlencylinder der Planspiegel den mittleren und besten Theil auffängt, wodurch besonders für die in der Axe liegenden Punkte des Objects eine Undeutlichkeit herbeigeführt werden soll. Wie dieses möglich sey, weiß ich nicht zu erklären, denn es kann ja höchstens nur durch den Planspiegel die Lichtstärke herabgesetzt werden und da die von dem Objectivspiegel, wie von einem Ring herkommenden Strahlen sich doch auf der Retina zu einem vollkommenen Bild vereinigen müssen, wenn deutliches Sehen statt finden soll, so sieht man keinen Grund der Undeutlichkeit, wenn die genannte Bedingung erreicht wird. Wenigstens konnte ich keine Undeutlichkeit der Art an dem Mikroscop wahrnehmen, das ich mir zur Versinnlichung der Theorie nur oberflächlich zusammensetzen ließ, obschon der Planspiegel einem großen Theil des rückkehrenden Lichts im Weg stand. — Diese Undeutlichkeit scheint mir aber aus der großen Kugelabweichung oder einer der ähnlichen bei elliptisch seyn sollenden Spiegeln leicht erklärlich. Gerade der Theil des Spiegels, welcher die vollkommensten Bilder erzeugt, wird vom Planspiegel verdeckt, so daß der Zerstreuungskreis, welcher das unvollkommene Bild eines Punkts vorstellt, in seiner Mitte nur geringe Lichtstärke besitzen wird, was begreiflich auf das deutliche Sehen einen höchst nachtheiligen Einfluß haben muß. Der Gedanke hat wenigstens sehr viel Wahrscheinlichkeit für sich, ob ich ihn gleich aus Ungeduld nicht rechnend prüfen mag, zumal durch solche Prüfung für die Sache selbst nicht viel gewonnen werden dürfte.

Wenn aber die Kugelabweichung bis auf einen hohen Grad vernichtet ist, also die Zerstreuungskreise äußerst klein sind, so sehe ich keinen Grund, warum das Entgegenstehen des Planspiegels etwas anderes bewirken sollte, als eine Schwächung der Helligkeit und wenn der Rest des Lichts noch hinlänglich groß ist, so verdient der Verlust keine Rücksicht weiter.

§. 29.

Im Bezug auf Lichtstärke wird das dioptrische Mikroscop mit aplanatischen Objectiven vor dem unsrigen, wenn man zugleich die Deutlichkeit mit berücksichtigt, keinen Vorzug besitzen, vielmehr in offenbarem Nachtheil stehen. Bei unserem Mikroscop muß das Licht vom Planspiegel durch die Spiegellinse bis an die Hinterfläche hindurch und von da wieder zurückgehen, so daß hierbei eben so viel Licht verloren geht, wie beim vollkommenen Durchgang durch eine Linse. Hierzu käme denn noch der Lichtverlust durch die Correctionslinse. Es ist also klar, daß wir bei der Vergleichung der Lichtstärke unseres Mikroscops mit der bei achromatischen Doppellinsen den Lichtverlust beim Durchgang durch die Glasmassen ganz bei Seite setzen müssen und daß demnach der gesammte Lichtverlust bei der Spiegelung auf der Fläche des Planspiegels und auf der Quecksilberfläche des Glasspiegels allein in Frage kommt. Wie groß derselbe sey, wissen wir zwar nicht, indessen wird er sicherlich nicht mehr als $\frac{1}{2}$ betragen können. Denn unsere Quecksilberoberfläche muß beträchtlich mehr leisten, als sonst eine polirte Metallfläche, weil ja die erstere einer polirten Glasfläche gleichkommt und somit eine größere Vollkommenheit besitzt, als die letztere. Rechnen wir nun noch den Verlust wegen des

Planspiegels hinzu, welcher $\frac{1}{4}$ betragen mag, so hat unsere Zusammenordnung doch noch $\frac{3}{8}$ von dem Licht eines Doppelobjectivs und die gesammte Lichtstärke kann durch den in §. 19 gefundenen Ausdruck

$$L = 9600 \text{ tg } \varphi^2$$

geschätzt werden, während sie beim Doppelobjectiv durch $\frac{8}{3}$ L, oder durch

$$L' = 25600 \text{ tang } \varphi^2$$

ausgedrückt wird. Da nun bei unserm Mikroscop tg φ wenigstens = tg 15°, oder wenigstens = $\frac{1}{4}$, aber beim Doppelobjectiv höchstens = $\frac{1}{8}$ genommen werden kann, so haben wir

$$L : L' = \frac{6600}{16} : \frac{25600}{64}$$

$$= 1 : \frac{8}{3} \times \frac{1}{4}$$

d. i. $L : L' = 3 : 2$

oder $L = 1{,}5\ L'$,

d. h. unser Mikroscop hat bei übrigens gleichem Grad der Deutlichkeit doch wenigstens um die Hälfte mehr Licht, als das dioptrische Objectiv aus Kron- und Flintglas. Dieser Unterschied dürfte noch bedeutender werden, wenn mehrere Doppelobjective verbunden werden, um stärkere Vergrößerungen hervorzubringen.

§. 30.

Im Bezug auf bequemen Gebrauch bei Beobachtungen mag unser Mikroscop den dioptrischen zwar etwas nachstehen, derselbe Vorwurf trifft aber auch die übrigen Spiegelmikroscope ziemlich in gleichem Grad und man muß sich diese Unvollkommenheit gefallen lassen, da die Hauptzwecke, Deutlichkeit und

Lichtstärke in so hohem Grad erreichbar sind. Im Bezug auf die Leichtigkeit der Ausführung hat aber wieder unser Mikroscop vor den aplanatischen Doppelobjectiven einen großen Vorzug. Denn erstlich haben wir nur eine der gewöhnlichsten Glasarten zu verwenden und, um die erforderlichen Rechnungen anzustellen, nur das mittlere Brechungsverhältniß auszumitteln, wozu ein Versuch mit einer Planconvexlinse von mittelmäßiger Brennweite, z. B. von etwa 3 Fuß vollkommen hinreicht, indem man entweder den Abstand des deutlichsten Sonnenbilds oder des Bilds eines andern weißen Gegenstands im verfinsterten Zimmer mit möglichster Schärfe mißt. Wie man dann aus der gefundenen Brennweite und dem gegebenen Krümmungshalbmesser das Brechungsverhältniß zu finden habe, ist aus allen Lehrbüchern der Dioptrik zu ersehen. Für ein achromatisches Doppelobjectiv sind bekanntlich die Vorbereitungen zur Rechnung viel schwieriger und erfordern viel delicatere Versuche, daher auch der Erfolg nicht so sicher seyn kann. Noch schwieriger wird nun die Ausarbeitung der Linsen selbst, welche bei so starken Krümmungen der Oberflächen nur schwer ihre Gestalt zu erhalten vermögen und nicht weniger schwer zu centriren und centrisch in ihre Fassung zu legen sind. Bei unserm Mikroscp dagegen sind selbst bei stärkern Vergrößerungen nur Linsen von noch nicht sehr starker Krümmung erforderlich, die von jedwedem Künstler, wenn anders er nur accurat arbeiten will, ohne große Schwierigkeit ausgearbeitet werden können, wozu noch der Umstand hinzuzufügen ist, daß die centrische Lage der Hauptlinse im Rohr, nämlich des Glasspiegels, durch Stellschrauben erhalten werden kann.

§. 31.

Wir wollen am Schluß dieser Betrachtungen noch zeigen, welchen Einfluß auf den Bau unsers Mikroscops eine Glasart von geringer Brechung habe und zu dem Ende das in §. 9 begonnene Beispiel nochmals für ein kleineres Brechungsverhältniß n = 1.5 durchführen. Es bleibt also jetzt, wie dort:

$$R = 17.5'''$$
$$r = \frac{7}{5} R = 24.5'''$$
$$\Delta = \frac{1}{30} R = 0.58'''$$
$$\beta = 70''',$$

aber n nehmen wir = 1.5.

Unter diesen Voraussetzungen findet sich nun:

$$\frac{1}{p} = 0.13964, \quad p = 7.1611$$
$$\frac{1}{\alpha} = 0.13964 - \frac{1.1016}{a} + \frac{0.7778}{aa}.$$
$$\frac{dp}{p^2} = \frac{-0.62842\, dn}{R}, \quad dp = \frac{-p\, dn}{5.8888}$$
$$\mu = \frac{7.7776}{\nu}$$
$$\frac{\mu p}{\nu} = \frac{55.697}{\nu}$$
$$\nu = 1 + \frac{1.1788}{a} - \frac{14.969}{aa}.$$

Nimmt man zuerst $\mu p = 56$, so findet man $\alpha = 26.67$ und hieraus $a = 10.06$ und damit $\nu = 0.974$, folglich das verbesserte $\mu p = \frac{55.697}{0.974} = 57.18$.

Hiermit findet man nun $\alpha = 27.28$, welchen Werth wir beibehalten können. Suchen wir sodann nach genauer Rechnung a, so finden wir:

$K = 26.28579$; $K + \triangle = 26.86579$
$b = 12.97628$ $b - \triangle = 12.39628$
$a = 9.940767$

Ferner wenn man $n' = 1.51$ statt $n = 1.5$ setzt:

$K' = 12.43697$, $K' + \triangle = 13.01697$
$b' = 26.69306$, $b' - \triangle = 26.11306$
$\alpha' = 27.02036$,

also die Abweichung $d\alpha = \alpha' - \alpha = -0.25964$, wofür wir $d\alpha = -0.26$ setzen wollen.

Hiernach hätten wir denn die Brennweite der Correctionslinse $= q = 22.969$ und $\beta = 69.766$.

Setzen wir dann $\varphi = 15^0$, so haben wir für die Kugelabweichung folgende Rechnung zu machen.

$$
\begin{aligned}
\log \sin \varphi &= 9.4129962 \\
\log (r-a) &= 1.1631385 \\
& 10.5761347 \\
\log r &= 1.3891661 \\
\log \sin \psi &= 9.1869686 \\
\log n &= 0.1760913 \\
\log \sin \omega &= 9.0108773 \\
\log r &= 1.3891661 \\
& 10.4000434 \\
\log \sin \varphi' &= 9.3192238 \\
\log N &= 1.0808196
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\varphi &= 15^0\ 0'\ 0'' \\
\omega &= 5^0\ 53'\ 6''.85 \\
& 20^0\ 53'\ 6''.85 \\
\psi &= 8^0\ 50'\ 50''.86 \\
\varphi' &= 12^0\ 2'\ 15''.99
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
r &= 24.5 \\
N &= 12.04536 \\
k &= 12.45464 \\
\triangle &= 0.58 \\
k' &= 13.03464 \\
R &= 17.5 \\
R-k' &= 4.46536
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\log (R-k') &= 0.6498565 \\
\log \sin \varphi' &= 9.3192238 \\
& 9.9690803 \\
\log R &= 1.2430380 \\
\log \sin \lambda &= 8.7260423 \\
\log R &= 1.2430380 \\
& 9.9690803 \\
\log \sin \varphi'' &= 9.0146514 \\
\log N &= 0.9544289
\end{aligned}
$$

λ	=	3°	8′ 1″.78
2λ	=	6°	6′ 3″.56
φ'	=	12°	2′ 15″.99
φ''	=	5°	56′ 12″.43

N	=	9.003864
R	=	17.5
b	=	26.503864
$\triangle$	=	0.58
b′	=	25.923864
r	=	24.5
r—b′	=	—1.423864

log (r—b′)	=	0.1534685^n
log sin φ''	=	9.0146514
		9.1681199^n
log r	=	1.3891661
log sin ψ''	=	7.7789538^n
log n	=	0.1760913
log sin ω''	=	7.9550451^n
log r	=	1.3891661
		9.3442112^n
log sin φ'''	=	9.0019123
log N	=	0.3422989

—N	=	+2.199373
r	=	24.5
α'	=	26.699373
α	=	27.28
Abweichung		0.580627.

Es ist also die Kugelabweichung des Glasspiegels $w = 0.58063$. Suchen wir nun auch noch nach §. 14 die halbe Oeffnung x der Correctionslinse, so finden wir

$$x = (\alpha' - e)\ \mathrm{tg}\,\varphi''' = 1.6858.$$

Um nun ferner die Correctionslinse so einzurichten, daß die Kugelabweichung für die Bildsweite β verschwindet, so muß seyn

$$\lambda = 7.8259$$
$$\sqrt{\lambda - 1} = 2.6259$$
$$\frac{\tau\sqrt{\lambda - 1}}{q} = 0.10901$$
$$\frac{\varrho}{\alpha - e} = 0.016534$$
$$\frac{\varrho}{\beta} = 0.004095$$
$$\frac{\sigma}{\alpha - e} = 0.099207$$
$$\frac{\sigma}{\beta} = 0.024572$$

also $f = +71.95$ für eine convexe Fläche,
$g = -9.90$ für eine hohle Fläche.

Wenn wir nun diese Rechnung mit der in §. 22 vergleichen, so sehen wir, daß der Einfluß des Brechungsverhältnisses auf die Vorderfläche der Correctionslinse oder auf den Halbmesser g nicht sehr bedeutend ist, daß sich aber dagegen f beträchtlich ändert. Der Hauptnutzen, den ein kleines Brechungsverhältniß des Glases gewährt, ist der, daß das Verhältniß $a : \alpha$ etwas größer wird und obschon die Unterschiede nicht bedeutend sind, so müssen sie doch geachtet werden, um so wenig wie möglich Licht durch den kleinen Spiegel zu verlieren, welcher Fehler bei unserm Mikroscop der beträchtlichste, ja vielleicht der einzige ist.

Wenn wir weiter vermöge des §. 16 die Vergrößerung des Bilds suchen, so finden wir

$$\frac{2}{n}\triangle = \frac{4}{3}\triangle = 0.77$$

$$1 + \frac{2\triangle}{R} - \frac{2(n-1)\triangle}{nr} = 1.051$$

also $m = 11.97$, d. h. das Bild wird nahe 12 Mal vergrößert.

Setzen wir nun die Oeffnung des Glasspiegels $= 5$, also das x des §. 18 $= 2.5$ und nehmen wir das dortige $y = 2.5$, so finden wir, daß 0.38 Theile des Lichts vom kleinen Spiegel aufgehalten werden. Setzen wir aber dagegen y nur $= 1$, so beträgt der Verlust nur 0.23. Für den letztern Fall ist der senkrechte Durchmesser des Planspiegels $= 1.25$.

Stellen wir nun die Resultate unserer Rechnung der Uebersicht halber zusammen, so haben wir:

1) Das Brechungsverhältniß des Glases $= 1.5$.
2) Halbmesser der belegten (convexen) Fläche des Spiegels $= 17.5'''$.
3) Halbmesser der offnen (hohlen) Fläche $= 24.5''$.
4) Die Dicke der Spiegellinse $= 0.58$.
5) Abstand der Correctionslinse vom Spiegel $= 10'''$.
6) Halbmesser der dem Spiegel zugewendeten (hohlen) Fläche dieser Linse $= 9.90'''$.
7) Halbmesser der anderen (convexen) Fläche $= 71.95'''$.
8) Die Brennweite dieser Linse $= 22.97$.
9) Die Länge des Rohrs vom Objectivspiegel bis zum wirklichen Bild $= 79.77'''$.
10) Vergrößerungszahl des Bilds $= 12$.
11) Oeffnung der Spiegellinse $= 5'''$.

12) Oeffnung der Correctionslinse = 3.17‴.
13) Abstand des Objects von der innern Wand des Rohrs = 1‴.
14) Kleiner Durchmesser des Planspiegels = 1.25.
15) Lichtverlust durch diesen Spiegel = 0.23.
16) Abstand des kleinen Spiegels von der Spiegellinse = 6.44‴.

§. 32.

Bisher haben wir immer vorausgesetzt, daß die beiden Linsen unserer Zusammenordnung aus derselben Glasart bestehen sollen und diese Voraussetzung reicht auch in der That schon hin zur Darstellung vollkommener Werkzeuge und gewährt überdies noch den Vortheil, daß die Farbenzerstreuung, in so fern sie von der ersten Potenz von d n abhängt, vollkommen gehoben wird. Will man aber die Correctionslinse aus Flintglas machen, so kann man es in mancher Beziehung, namentlich in Hinsicht auf die geringere Zurückhaltung des Lichts durch den kleinen Spiegel, noch bedeutend weiter bringen; man kann dann nämlich das Verhältniß $a : \alpha$ auf 1 : 4 und darüber treiben, was besonders bei schwächern Vergrößerungen ungemein vortheilhaft ist.

Die Berechnung eines Mikroscops, bei welchem das Correctionsglas aus Flintglas besteht, bedarf keiner besondern Anleitung mehr. Ist m das Brechungsverhältniß der mittlern Strahlen beim Flintglas und d m die Aenderung desselben wegen der Farbenzerstreuung, so messen wir die zerstreuende Kraft durch den Quotienten $\frac{d\,m}{m-1}$. Für das Kronglas, woraus die Spiegellinse besteht, ist dieselbe zerstreuende Kraft $= \frac{d\,n}{n-1}$ und nun wollen

wir $\frac{dm}{m-1} = \frac{N\,dn}{n-1}$ setzen. Die Zahl N, welche durch die Formel $\frac{n-1}{m-1} \cdot \frac{dm}{dn}$ ausgedrückt wird, gibt also an, wie viel Mal das Flintglas stärker zerstreut, als das Kronglas.

Man sucht nun eben so, wie in §. 7 gezeigt worden, die Größe μp aus dem Brechungsverhältniß des Kronglases, multiplicirt dieselbe mit N und gebraucht das Produkt $\mu p N$ in der Formel des §. 7 u. 8 statt μp. Man begreift, daß hierbei α viel größer herauskommen muß, als wenn μp seinen sonstigen Werth hätte. — Die Berechnung eines Mikroscops mit einer Correctionslinse aus Flintglas wird also nicht schwieriger, wohl aber die Darstellung desselben, weil nunmehr neben der Kenntniß der Brechungsverhältnisse auch die der Zerstreuungen sich nöthig macht.

Wir wollen Beispielsweise für den Glasspiegel $R = 18'''$, $r = \frac{3}{2}R = 27'''$, $\triangle = \frac{1}{30}R = 0.6'''$ und $n = 1.54$ setzen. Ferner sey $c = 8'''$ und beim Flintglas $m = 1.62$, $N = 1.6$. Soll hierbei $\beta = 70'''$ werden, so muß man $\alpha = 36'''$ nehmen, wodurch dann mittels genauer Rechnung $a = 9.047912$ (§. 10) gefunden wird. Mit diesem Werth von a findet man dann, wenn $dn = \frac{1}{100}$ gesetzt wird, $\alpha' = 35.5035$, also $d\alpha$, d. h. die Aenderung von α wegen der Farbenzerstreuung $= 0.4965$.

Nun hat man die Brennweite der Correctionslinse durch die Gleichung zu finden:

$$q = \frac{(\alpha - c)^2\, N\, dn}{(n-1)\, d\alpha},$$

so daß in unserm Fall $q = 46.78675$ wird, woraus sich sodann auch $\beta = 69.73153$ findet.

Wenn man nun die Entfernung des Objects vom Rand des Objectivspiegels, so weit dessen Fläche nutzbar ist, nur 0.5‴ nimmt und die Oeffnung dieses Spiegels $= \frac{1}{2}\,a = 4.5‴$ setzt, so findet man nach §. 18, daß die Zurückhaltung des Lichts durch den Planspiegel nicht mehr als 0.16 der Gesammtmasse beträgt und daß daher der Verlust ohne Nothwendigkeit nicht über $\frac{1}{4}$ zu gehen braucht.

Auch die Kugelabweichung läßt sich noch mit erforderlicher Genauigkeit heben. Vermittels der Formeln des §. 12 finden wir erst die Abweichung beim Spiegel $= 1.4071$ und die halbe Oeffnung der Correctionslinse $x = 1.8987$. Dann werden die Krümmungshalbmesser der letztern auf dieselbe Weise berechnet, wie in §. 14 gezeigt worden, nur daß man für μ, ν, ϱ, σ, τ diejenigen Werthe setzt, welche dem Brechungsverhältniß m des Flintglases entsprechen. Man findet so den vordern Halbmesser (der nach dem Spiegel gekehrt ist) $= 7.42‴$ und den hintern $= 9.97‴$ und es gehört ersterer einer concaven, letztrer einer convexen Fläche an. Hierbei macht der äußerste Randstrahl mit dem vordern Halbmesser der Correctionslinse einen Winkel von 19° 3′ und es ist derselbe also etwas größer, als er in den frühern Beispielen gefunden wurde, allein es hat dieses in Absicht auf die Deutlichkeit nichts zu sagen.

Aus dieser Betrachtung scheint nun hervorzugehen, daß sich unser Mikroscop durch den Gebrauch stark zerstreuender Flintgläser zu großer Vollkommenheit bringen lassen werde.

§. 33.

Es ließen sich wohl außer der bereits beschriebenen Vorrichtung noch andere erdenken, die in

manchen Hinsichten wohl vortheilhafter seyn könnten, allein sie bieten auf andern Seiten wieder Schwierigkeiten dar, so daß die hier angegebene Einrichtung mir die vorzüglichste zu seyn scheint. Nur die Anwendung eines rechtwinklichen Prismas aus Flintglas statt des Planspiegels könnte zu entschiedenen Vortheilen führen, wenn demselben sphärisch gekrümmte Kathetenflächen gegeben würden, denn dann könnte man die Correctionslinse ganz weglassen, die Linse des Spiegels müßte aber dann auf der Vorderseite planconvex werden, um den Einfluß der Nebenbilder hinlänglich zu beseitigen. Weil mir aber die Ausarbeitung eines solchen Prismas sehr große Schwierigkeiten darzubieten schien, so blieb ich bei der eben beschriebenen Einrichtung, als der am leichtesten ausführbaren und dem Zweck der Mikroscope schon vollständig genügenden stehen.

§. 34.

Zuletzt mögen noch ein Paar Worte über den Maasstab gesagt seyn, nach welchem unser Mikroscop am schicklichsten ausgeführt wird. Man hat es bekanntlich gern, wenn die Länge eines Mikroscops, welche nach unsrer bisherigen Bezeichnungsweise durch $\beta + e$ auszudrücken ist (wobei jedoch die Oculare nicht mit gerechnet sind), nicht sehr bedeutend ist. Aus den bisherigen Betrachtungen ist auch einleuchtend, daß eine Länge von 80‴ Par. für unser Mikroscop in so fern noch hinreichend ist, als die Maase, nach welchen die Flächen der Linsen bearbeitet werden müssen, nicht zu klein sind, im Gegentheil eine sehr bequeme Ausführung gestatten. Trotz dem würde ich dennoch rathen, das Mikroscop 144‴ oder 1 Fuß lang zu machen, denn einmal ist diese Länge wegen

der horizontalen Lage des Instruments noch nicht unbequem, dann aber werden auch die Maase grösser und die Ausführung kann weit exakter, also auch die Deutlichkeit weit mehr erhöht werden. Auch läßt sich dann das Object entweder weiter von dem Rohr abrücken und somit bequemer beobachten, oder wenn man es noch eben so nahe anrückt, so wird die Zurückhaltung des Lichts durch den Planspiegel geringer.

Beim Verleger dieses sind erschienen und in allen Buchhandlungen zu haben:

D. Fr. W. Barfuß, Optik, Catoptrik u. Dioptrik oder theoretisch-praktischer Unterricht über den möglichst vollkommenen Bau aller optischen Instrumente, besonders aller Arten von Fernröhren und Mikroscopen, nebst Angabe der praktischen Hilfsmittel zur techn. Ausführung derselben. Ein populäres Lehrbuch für alle Diejenigen, welche mit geringen mathematischen Vorkenntnissen sich von diesen Gegenständen eine möglichst gründliche Kenntniß erwerben u. vollkommne optische Instrumente verfertigen wollen. Mit 11 lithogr. Taf. 8. 2⅔ Rthl. od. 4 fl. 48 kr.
Die Jenaer Litztg. 1839. Nr. 116 sagt: „Die Theorie der optischen Instrumente mit besonderer Benutzung von Littrows und Prechtls Dioptrik ist fleißig und sorgsam ausgearbeitet. Unter den einfachen optischen Instrumenten sind dem Zweck des Buchs gemäß die Brillen mit Recht hervorgehoben. Die Beschreibung der Telescope ist vollständig und berücksichtigt alle Constructionsweisen von Objectiv und Ocular; die vielen Beispiele, Huygheus und Meyers Tabellen über die Vergrößerung, die Tabellen von Herschel und Littrow für Construction der Doppelobjective erleichtern die Anwendung. Bei den Spiegeltelescopen gibt der Verf. einen neuen Gedanken zur Darstellung eines Glasspiegels aus 2 Linsen. Am vorzüglichsten ist die Dioptrik bearbeitet. Die Darstellung derselben ist vollständig und gründlich. Daß der Verf. selbst in der Theorie gut zu Hause ist, erkennt man an der Auswahl und Discussion der aufgestellten Formeln." — Die Berliner literar. Zeitung 1839. Nr. 28 sagt: „Der Verfass. ist dem Publikum durch seine lesenswerthe Abhandlung über Refraction rühmlich bekannt. Seine Optik ist besonders zur technischen Benutzung bestimmt. Aber nicht blos dem Techniker wird sie wegen der detaillirten Beschreibung der Instrumente und der sich bei ihrer Verfertigung darbietenden Schwierigkeiten von Nutzen seyn, sondern auch den wissenschaftl. Leser über Vieles belehren, wozu es in den Lehrbüchern der Optik an Raum gebricht. Druck und Papier, besonders aber die Ausführung der Tafeln sind zu loben." Gersdorffs Repertorium 1839. Nr. 20 sagt: „Diese Optik bildet einen

der vorzüglichsten Bestandtheile des neuen Schauplatzes der Künste u. Handwerke und verdient in der That ernstlich empfohlen zu werden. Der Titel gibt den Inhalt so vollständig an, daß wir eigentlich nur zu sagen brauchen: Die Versprechungen des Titels sind auf eine Weise erfüllt worden, die allen gerechten Anfordrungen entspricht."

In diesem Werke sind alle diejenigen Theile der Optik, welche die Theorie u. Verfertigung optischer Werkzeuge angehen, mit Gründlichkeit in gemeinfaßlicher Darstellungsweise vorgetragen, um die oft schwierigen Lehren auch für die mit geringern mathematischen Vorkenntnissen ausgerüsteten Leser zugänglich zu machen, so weit es überhaupt ohne Beihilfe der mathematischen Analysis geschehen kann. Neben der Klarheit des Werks ist nicht weniger empfehlungswerth dessen Vollständigkeit, indem nicht nur die werthvollern optischen Instrumente, als Fernröhre, Mikroscope, Brillen u. s. w. vollständig erläutert sind, sondern auch die weniger bedeutenden, meist nur angenehm unterhaltenden optischen Spielwerke berücksichtigt worden. Endlich sind auch der Theorie die Hilfsmittel zur vollkommnen technischen Ausführung der optischen Werkzeuge beigegeben.

H. Sternheim, populäre Gnomonik oder Construction der gebräuchlichsten Arten von Sonnenuhren mit Thierkreislinien u. Beleuchtungsscalen. Mit 10 Figurentafeln. 8. 1½ Rthl. oder 2 fl. 42 kr. Gersdorfs Repertor. 1835. 7s Heft sagt: „Wir erkennen diese Zusammenstellung der Sätze von Construktionen der Sonnenuhren für etwas Dankenswerthes und Nützliches. Die fein ausgeführten u. durchaus rein gehaltenen Zeichnungen verdienen allen Beifall." Das preuß. Bürgerblatt 1836. Nr. 7 empfiehlt dieses Buch als ein für diesen Gegenstand sehr vollständiges, deutliches u. belehrendes u. sagt: „Wer nur im Stande ist, eine Figur auf eine Steinplatte, Kupfer- oder Messingtafel aufzutragen, wenn er solche auf dem Reißbret entwerfen kann, der wird in keine Verlegenheit gerathen. Zehn Steindrucktafeln versinnlichen den Text und eine Menge anderer Tafeln sind zur Ersparung weitläuftiger Rechnungen angehängt."

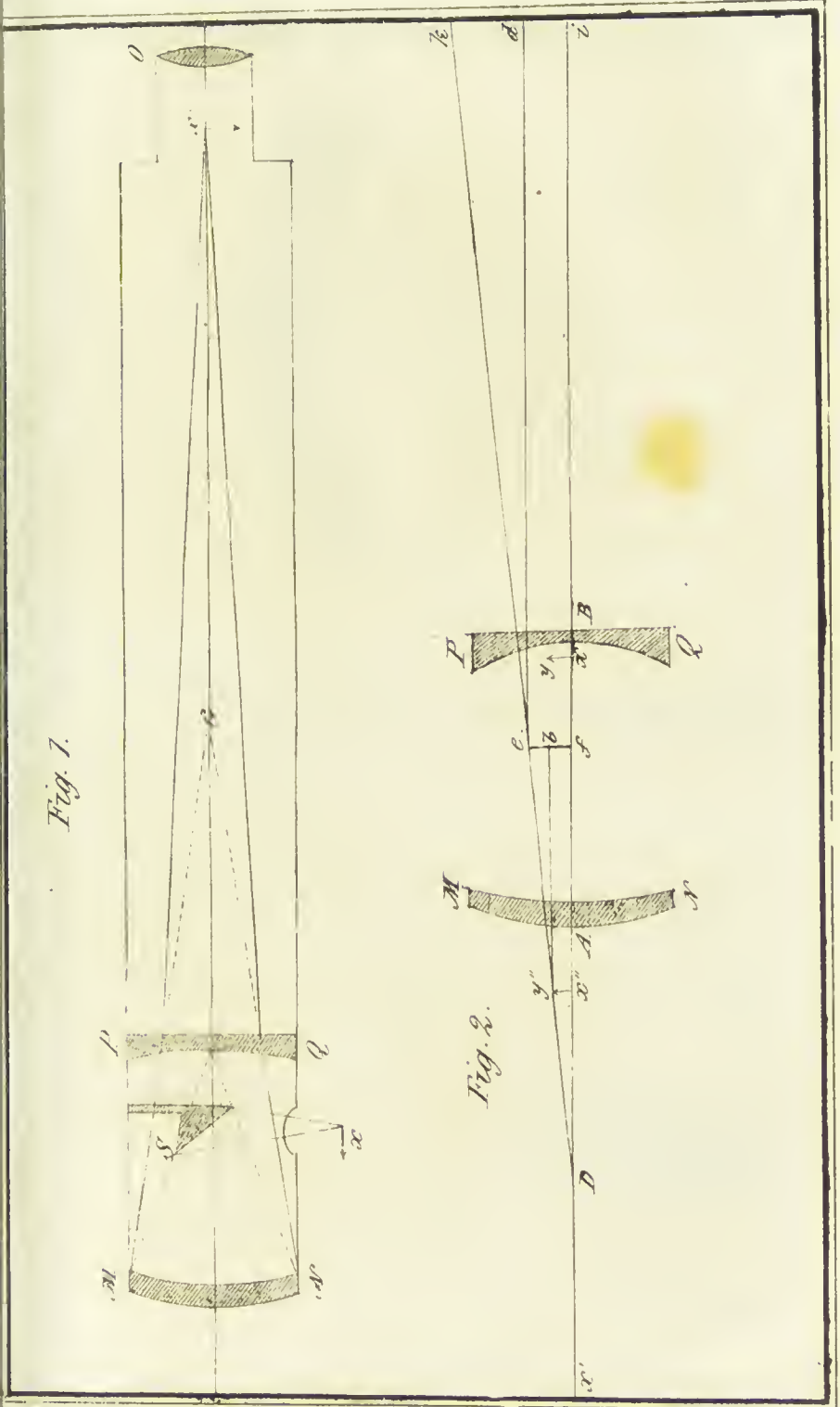


Fig. 1.

Fig. 2.

Zu Barfuss Spiegelmikroscop.

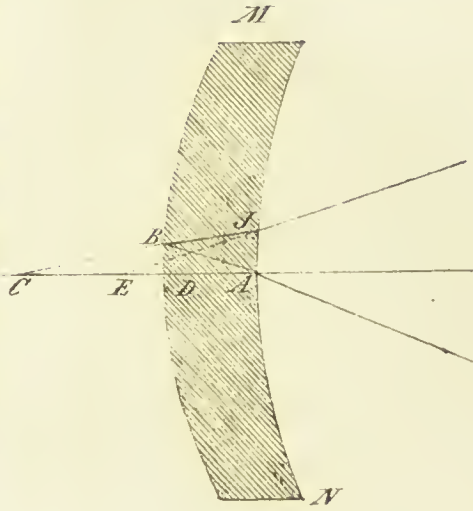


Fig. 3.

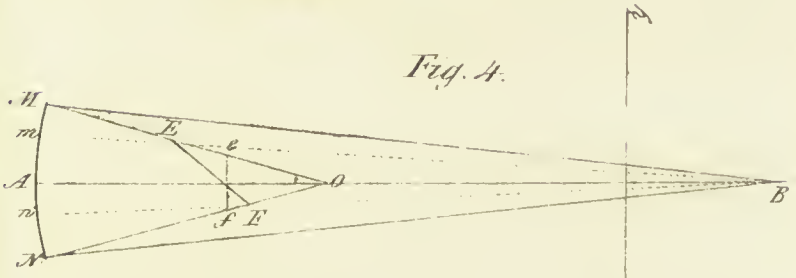


Fig. 4.

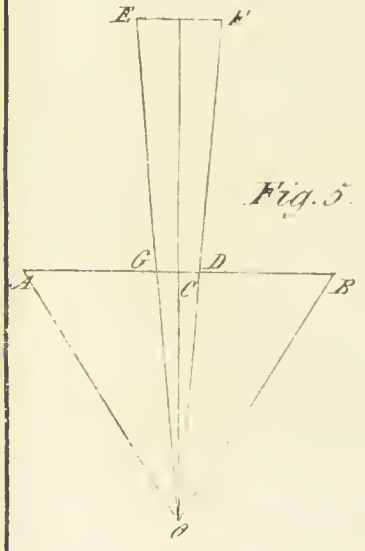
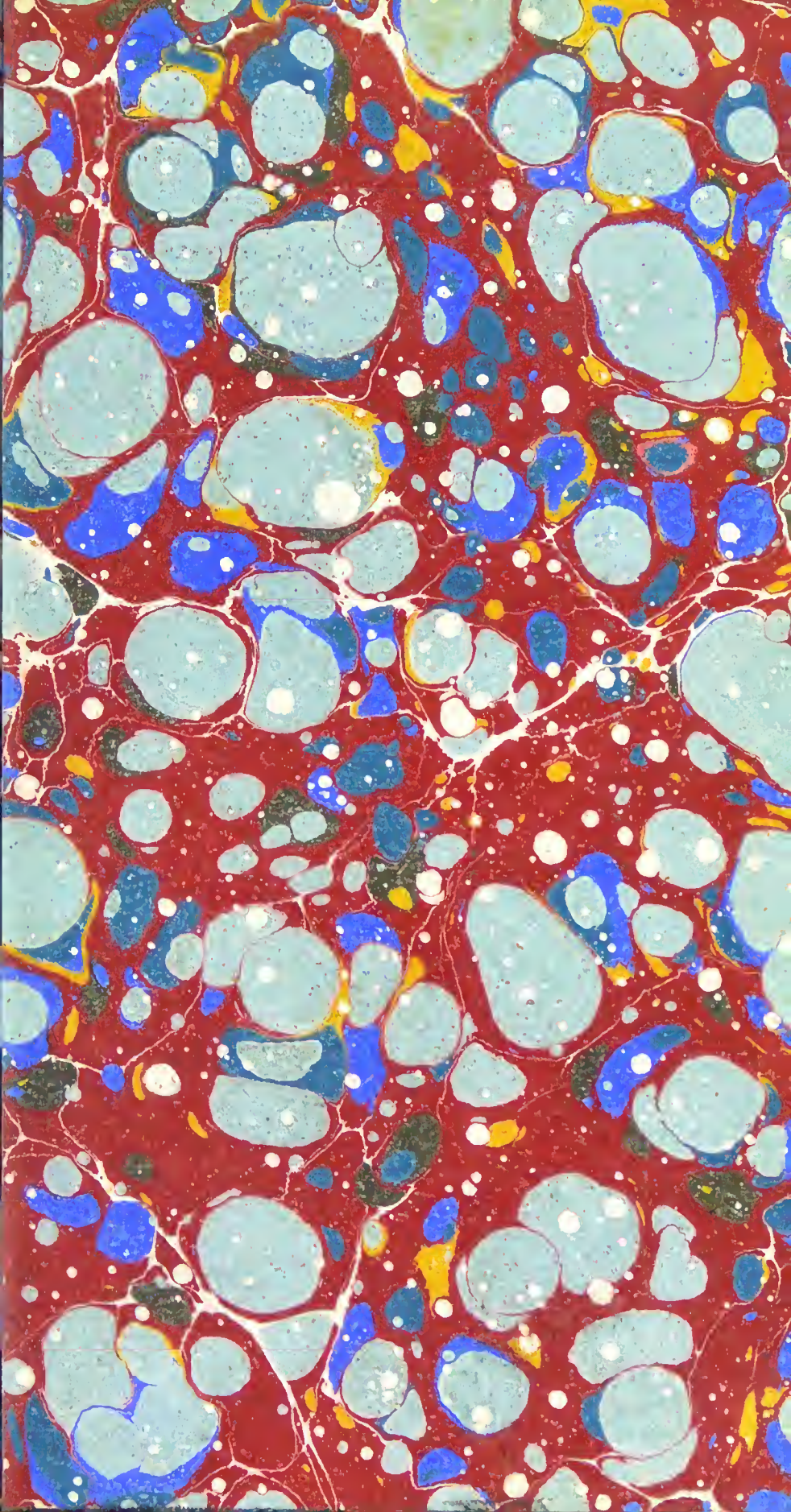


Fig. 5.

Fig. 6.

Zu Barfuss Spiegelmikroscop.